

Agraïments

Són moltes les persones que directa o indirectament han participat en la redacció d'aquesta tesina i voldria en aquestes línies deixar constància del meu més sincer agraïment.

En primer lloc, vull agrair al tutor de la tesina, Antonio Aguado de Cea, les seves bones orientacions i recomanacions donades en el transcurs de tot el treball. Per tots els moments que ha dedicat en poder seguir de prop l'evolució de la tesina i solucionar tots els problemes que han sorgit.

En segon lloc vull agrair al meu tutor extern, Carlos Fernández Lillo, de qui va sorgir la idea inicial d'aquest treball i qui m'ha encaminat i guiat, dia a dia, en tot aquest procés.

Una altra persona que es mereix un reconeixement especial és la meva Cristina, que sempre m'ha fet costat en els moments més difícils i que amb el seu carinyo i la seva paciència han fet possible que pugui concloure aquesta etapa de la meva vida.

No puc deixar de mostrar als meus pares i a la meva germana el meu afecte i agraïment per tots aquests anys al meu costat, des de que vaig començar aquesta carrera.

Així com també, recordar a tots els meus amics, companys de carrera i de feina, dels que m'emporto tants i tant bons records.

A tots, gràcies

Resum

Avui en dia existeix una necessitat i una voluntat de projectar i construir seguint uns models i unes pautes que siguin respectuoses amb el medi ambient. Això però s'ha de combinar amb el fet que la gent té una major sensibilitat sobre els efectes socials i que les empreses per la seva banda estan interessades en reduir els costos d'execució.

Amb aquesta finalitat, aquesta tesina tenia com a primer objectiu estudiar l'aplicació de l'Índex de Sensibilitat Medi Ambiental en diverses tipologies estructurals de forjats d'edificació en els rangs habituals de llums compreses entre 5 i 7 metres. i en segon terme es centra en la valoració econòmica social i ambiental de les mateixes tipologies estructurals

Aquestes diferents tipologies s'apliquen en dues obres concretes, una ubicada en els antics cinemes París en l'Avinguda Portal de l'Àngel de Barcelona, i l'altra en unes vivendes de Gandía. S'analitzen altres tipus de factors rellevants per a la seva valoració final com són els socials i els ambientals, amb l'objectiu de trobar un resultat global. El nostre objectiu final serà el de trobar una solució òptima en funció de les nostres necessitats, que sigui viable, sostenible i econòmica.

Primerament, s'exposa el concepte general de sostenibilitat, s'explica la seva evolució com està inclòs en la nova normativa EHE de 2008. Després ens centrem en la descripció detallada de cadascun dels tipus de forjat que hem considerat més adequats per a la nostra comparativa. Hem elegit els més representatius i usats actualment en el mercat de la construcció, així com els que ofereixen majors possibilitats d'aplicació dintre de l'àmbit que interessa estudiar, llums entre 5 i 7 m.

De cada tipologia hem destacat les seves característiques, avantatges i aplicacions distingint unes d'altres. Partint d'aquestes dades, donem pas al càlcul de l'Índex de Sensibilitat Ambiental, primerament s'ha de fer la recopilació de la informació que requereix el programa per tal de realitzar el càlcul. És un programa bastant senzill però que s'ha de millorar i en aquesta tesina intentarem donar-ne una visió crítica.

L'altra part important de la nostra comparativa, per un costat, es realitza una comparació econòmica, on s'analitza el cost directe de cada solució, posteriorment es realitza un estudi dels plaços d'execució i la seva influència en el cost, i per últim s'analitza com repercuteix la reducció de plaç de les solucions prefabricades en el cost financer. Per altre costat, avaluem aspectes socials i ambientals que puguin influir. De cada un d'ells hem elegit diferents indicadors que creiem que tenen una repercussió important dintre del marc d'una obra.

Per ponderar els criteris usem el mètode AHP i apliquem un model de valoració que ens ajudarà a obtenir la solució més viable i adequada per a cada cas. S'analitzen quin tipus d'alternativa és més recomanable segons quines siguin les nostres prioritats i condicionants. D'aquest manera, podrem deixar constància de la necessitat de realitzar sempre un estudi previ abans d'elegir una opció constructiva o una altra.

Finalment es mostraran unes conclusions i unes recomanacions sobre el programa de càlcul de l'ISMA i sobre les valoracions econòmiques, ambientals i socials obtingudes per a cada forjat les diferències entre les obres estudiades.

Abstract

Nowadays exists a need and a will of projecting and constructing following some models that are respectful with the environment. This one has to be combined with the fact that the people have senior sensitivity about the social effects and that the companies for his part are interested on reducing the costs of execution.

With this purpose, this dissertation had as first goal to study the application of the Environmental Sensitivity Rate in several structural typology of being forged of construction in the usual ranks of lights included among 5 and 7 meters and in second term focuses on the social, environmental and economic appraisal of the same structural typology.

This different typology applies to two concrete works, one placed in the antique cinemas Paris in the Portal de l'Àngel Avenue of Barcelona, and the other one in some housings of Gandía. Other types of relevant factors are analyzed for its final appraisal how they are the social ones and the environmental ones, with the goal to find a result global. Our final goal will be that of finding a solution optimum depending on our needs, which are viable, sustainable and economical .

Firstly, the general concept of sostenibility is set forth, his evolution explains to itself how is included in the new regulations EHE of 2008. Afterwards we focus on the detailed description of each of the types of being forged that we have considered more suitable for comparative ours. We have elected the ones most representative and used at present in the market of the construction, as well as those that they offer seniors made possible of application in the area that it interests to study, lights among 5 and 7 m.

Of each typology we have highlighted its characteristics, advantages and applications distinguishing each others. Following this datum, we give step to the calculation of the Environmental Sensitivity Rate, the compilation of the information that requires the program in order to carry out the calculation firstly has to be made. It's a program quite simple but that has to improve and in this dissertation we will attempt to give a critical vision.

The other important part of our comparative, is an economical comparison, where the direct cost of each solution are analyzed, the study of the terms of execution and its influence on the cost are carried out, and as last it is analyzed how the reduction in term of the prefabricated solutions has effects on the financial cost. By the way, we evaluate social and environmental aspects that can influence. Each one of them has chosen different indicators which we believe have an important repercussion in the frame of a work.

For considering the criteria we use the method AHP and we apply a model of appraisal that will help us to obtaining the solution most viable and suitable for each case. They are analyzed which type of alternative is more advisable according to which they are our priorities and conditions. Of this way, we will be able to leave evidence of the need always to do an study previous before choosing a constructive option or another.

Finally some conclusions and some recommendations about the program of calculation of the ISMA and about the obtained economic, environmental and social appraisals will be shown for each differences between the studied works.

Índex

1- Presentació.....	8
1.1 L'entorn.....	8
1.2 Introducció a la tesina.....	9
2- Estat del coneixement.....	10
2.1 Introducció.....	10
2.2 Sostenibilitat del formigó a la construcció.....	10
2.3 Annex de sostenibilitat de la EHE.....	13
2.3.1 Aspectes generals.....	13
2.3.2 Criteris de sostenibilitat en el projecte d'estructures.....	13
2.3.3 Limitacions actuals.....	14
3- Tipologia d'estructures.....	23
3.1 Introducció.....	23
3.1.1 Estudi de possibilitats.....	23
3.2 Estructura in situ.....	26
3.2.1 Forjats reticulars.....	27
3.2.1.1 Característiques.....	27
3.2.1.2 Aplicació.....	29
3.2.1.3 Posada en obra.....	29
3.2.1.4 Avantatges.....	30
3.2.2 Forjat posttensat.....	31
3.2.2.1 Característiques.....	31
3.2.2.2 Aplicació.....	32
3.2.2.3 Posada en obra.....	32
3.2.2.4 Avantatges.....	35
3.3 Estructura Prefabricada.....	36
3.3.1 Placa alveolar.....	36
3.3.1.1 Característiques.....	36
3.3.1.2 Aplicació.....	38
3.3.1.3 Posada en obra.....	39
3.3.1.4 Avantatges.....	40
3.3.2 Prellosa	41

3.3.2.1	Característiques.....	41
3.3.2.2	Aplicació.....	41
3.3.2.3	Posada en obra.....	42
3.3.2.4	Avantatges.....	44
3.3.3	Forjat metàl·lic (xapa col·laborant)	44
3.3.2.1	Característiques.....	44
3.3.2.2	Aplicació.....	46
3.3.2.3	Posada en obra.....	46
3.3.2.4	Avantatges.....	47
4-	Càlcul de l'índex de Sostenibilitat Medi Ambiental.....	48
4.1	Introducció al programa MIVES.....	48
4.1.1	Metodologia MIVES.....	48
4.1.2	Aplicació del programa.....	49
4.2	Entrada de dades al programa.....	53
4.3	Anàlisi dels resultats del programa.....	55
4.4	Millores en el control de l'ISMA.....	56
5-	Anàlisi global.....	59
5.1	Introducció.....	59
5.2	Mètode d'anàlisi adoptat.....	61
5.3	Valoració econòmica.....	62
5.3.1.	Costos econòmics.....	62
5.3.2	Valoracions econòmiques.....	65
5.4	Requeriment social.....	68
5.4.1	Seguretat.....	68
5.4.1.1.	Introducció.....	68
5.4.1.2	Avaluació de riscos.....	72
5.4.2	Molèsties als usuaris.....	77
5.5	Valoració Ambiental.....	80
5.5.1	Consums de matèries primes.....	80
5.5.2	Consum d'energia.....	82
5.5.3	Pla de residus.....	83
6-	Resultats i conclusions.....	86
6.1	Introducció.....	86
6.2	Metodologia.....	86

6.3 Resultats edificis Cines Paris.....	88
6.4 Resultats vivendes Gandia.....	91
6.5 Conclusions.....	94
6.5.1 Introducció.....	94
6.5.2 Anàlisi final.....	94
7- Bibliografia.....	96
8- Annexos.....	97

1.- Presentació

1.1 L'entorn

La creixent preocupació per l'esgotament dels recursos naturals i l'impacte generat en el medi ambient s'ha bolcat en una tendència generalitzada cap a la protecció de la natura, de l'entorn i de l'hàbitat. És per això, que apareix el nou terme denominat desenvolupament sostenible, caracteritzat per possibilitar una determinada qualitat de vida, però sense hipotecar el desenvolupament de les generacions futures.

El sector de la construcció està adoptant mesures encaminades cap a la millora de la sostenibilitat amb l'objecte de contribuir a la reducció del deteriorament medi ambiental i canviar la percepció que sobre el sector es té. Com a concepte, la sostenibilitat és un valor i pot establir-se un paràmetre relatiu a la mateixa per al seu ús en la realització de comparacions i presa de decisions, en aquestes comparacions es pot determinar si una activitat és més, menys o igualment sostenible que una altra.

L'aplicació d'una metodologia d'avaluació permetrà optimitzar els edificis des de l'etapa de disseny i prendre decisions correctes en les operacions de rehabilitació i millora d'edificis existents. Així, les decisions preses en la fase de disseny tindran una gran implicació en els costos del cicle de vida de l'edifici, en el consum energètic, la qualitat de l'ambient interior, la reciclabilitat i la reutilització dels residus de demolició.

1.2 Introducció a la tesina

Sens dubte, actualment existeix una demanda social real de projectes que tinguin el major valor possible a efectes de sostenibilitat i, és per això que s'està fent un gran esforç des de totes les parts implicades, per a que resulti una eina útil i pràctica.

En aquest àmbit s'ha estat treballant en diferents camps, en el foment del reciclatge, en la millora de la eficiència energètica, en la reducció dels residus i en el tractament dels mateixos, etc. El sector de la construcció és un dels més agressius des del punt de vista medi ambiental, sent el major consumidor de recursos. Per això en aquest treball es pretén estudiar una nova forma de valorar les estructures que relacioni la part de disseny estructural i la solució econòmica conjuntament amb la part medi ambiental.

El nostre estudi es centra en l'anàlisi i valoració de diversos tipus de forjats d'edificació, competitius actualment en el mercat i amb diverses possibilitats d'aplicació. Després d'una selecció dels més viables i usats actualment, ens centrarem en el desenvolupament de les seves característiques més rellevants, aplicacions òptimes, formes de posta en obra i avantatges.

El nostre objectiu final serà el de trobar una solució òptima en funció de les nostres necessitats, que sigui medi ambientalment sostenible i econòmica en quant a cost i plaç.

L'objectiu d'aquesta tesina és contrastar la sensibilitat de la metodologia proposada i dels indicadors definits recollits en l'annex 13 de la EHE. Es realitzarà una comparació entre dos exemples d'edificació, que estan actualment en construcció, per obtenir una valoració econòmica, social i medi ambiental, respecte les diferents solucions estructurals adoptades de l'edifici.

2.- Estat del coneixement

2.1 Introducció

En els últims anys els termes Sostenibilitat i Desenvolupament Sostenible s'han convertit en imprescindibles per a qualsevol projecte a emprendre. En un sentit general, pot dir-se que aquests termes designen la capacitat de que alguna cosa es materialitzi amb un mínim impacte sobre l'entorn en el que influeix, de manera que aquesta actuació es pot perllongar de forma indefinida sense posar en perill aspectes que ja hi eren abans.

La sostenibilitat és una característica de l'activitat humana que avalua la capacitat que tal activitat té per ser desenvolupada permanentment, durant generacions, de manera que el desenvolupament actual de l'esmentada activitat no comprometi la possibilitat de que les pròximes generacions puguin continuar desenvolupant-la.

Aquest concepte té una gran amplitud ja que l'acció de consumir cal entendre-la com a qualsevol disminució o perjudici dels recursos disponibles, lligat d'aquesta manera i de forma directa, amb la protecció del medi ambient

En aquest treball es vol fer una valoració global de les diferents solucions estructurals que hi ha per a forjats, estudiant tant en termes econòmics com medi ambientals totes les possibles solucions. Fer una avaluació de les alternatives per tal de poder elegir les més interessants, tot presentant i analitzant els seus avantatges, inconvenients i característiques de posta en obra. Aquestes alternatives s'avaluaran seguint la metodologia MIVES i es busca obtenir la valoració numèrica sobre la sostenibilitat de cada determinada estructura.

Aquest tema que s'està començant a desenvolupar es podria fer molt extens, depèn de l'abast que se'n vulgui fer i del grau de sensibilització que tingui la propietat en la fase de projecte. El punt de sortida per la recerca d'informació són l'Annex 13 de la EHE i l'estudi del Model Integrat de Valor d'Edificis Sostenibles (MIVES)

Si parlem de la metodologia de càlcul, existeix una versió de l'Índex de sensibilitat ambiental que és la que s'explica en l'Annex 13 de la EHE, que treballa a partir d'uns coeficients i de funcions representatives. Cal comentar que hi ha un programa de càlcul que ja incorpora tots els coeficients i només cal introduir els valors de les variables. [1]

2.2 Sostenibilitat del formigó en la construcció

En l'apartat anterior s'ha fet un incís de la sostenibilitat però com hem comentat pot tenir moltes connotacions depenent de l'àmbit on estem parlant, aquí s'intenta estudiar la importància que pren en el sector de la construcció.

Com s'ha comentat a l'apartat anterior el sector de la construcció és dels que té més coses a dir en aquest tema, ja que és un dels sectors bàsics junt amb el primari i

el terciari La importància del sector en els països europeus està marcada principalment, per la seva influència en la societat, ja que afecta directament a la qualitat de vida dels ciutadans a través de les actuacions en edificació, construccions industrials e infraestructures o obres civils. Els números bàsics del sector reflexen que les xifres de les que parlem signifiquen entre un 10 i un 12 % de la mitja del PIB de cada estat. Després de veure la importància del sector ens podem fer un idea de la responsabilitat que el propi sector té envers el medi que l'envolta. És per això que parlem de construcció sostenible.

La sostenibilitat és una expressió de responsabilitat social que ha de veure amb l'estalvi dels recursos naturals no renovables, amb el respecte al medi ambient i que s'aplica en el temps. Formen part d'ella:

Aspectes d'estalvi energètic o de recursos naturals, aspectes medi ambientals com el control d'emissió de gasos d'efecte hivernacle o la valorització de residus, aspectes socials com la generació d'ocupació la seguretat i la salut en el treball i aspectes econòmics com la productivitat i la eficiència.

La sostenibilitat és un paràmetre relatiu que s'utilitza sempre per comparar. No existeixen activitats sostenibles, en valor absolut. Existeixen activitats més o menys sostenibles en comparació amb d'altres. Quan es quantifica la sostenibilitat de dues activitats o dos productes diferents, es pretén comparar-los entre si i, per tant, la quantificació ha de realitzar-se amb un procediment homogeni que partirà de què ambdues activitats o productes cobreixen la mateixa necessitat amb idèntics requisits.

L'esmentada quantificació es fa globalment, amb ànim d'integrar-hi la totalitat dels aspectes a considerar. Això porta a realitzar-la en un període llarg de temps durant el qual es produiran totes les circumstàncies previsibles i es manifestaran tots els aspectes valorables. Aquest període s'identifica amb el cicle de vida del producte que el desenvolupament de l'activitat en qüestió crea per satisfer-ne la necessitat demandada.

Aquest producte acabat té, al llarg de la seva vida útil, un balanç de consums i d'impacte ambiental necessaris, per a la producció de les matèries primeres, per a l'elaboració del producte com a tal, per a la utilització de l'esmentat producte acabat per part dels usuaris, per reduir els residus, i per desfer-se dels mateixos quan l'esmentat producte acabat queda obsolet.

La suma de tots els consums i impactes dividida pel temps de vida útil en la qual el producte acabat considerat ha servit a la societat és un valor que forma part de l'índex que quantifica la sostenibilitat del producte avaluat. Quant menor és aquest valor major és la sostenibilitat de l'activitat o del producte avaluat.

Després d'aplicar el mateix procediment d'avaluació des de cada un dels aspectes considerats en la sostenibilitat i utilitzant els coeficients de ponderació necessaris que permetin, com si d'unitats homogènies es tractés, operar amb els diferents índexs parcials de sostenibilitat, s'obté un valor total, o agregat, que és l'índex de sostenibilitat o índex que quantifica la sostenibilitat del producte acabat avaluat.

Per tant, per mesurar la sostenibilitat és necessari acordar, prèviament, un model de quantificació i tractament de l'anàlisi del cicle de vida en el qual s'estableixin els criteris de valoració i ponderació a aplicar. Quan el producte acabat a considerar és una construcció de formigó es pot plantejar el següent balanç de consums i impacte ambiental.

- A curt termini, durant l'obtenció de matèries primeres, la producció del formigó i l'execució de la construcció.

- A llarg termini, durant la vida de servei, durant la utilització de l'edifici, durant l'avaluació i el manteniment de l'esmentada construcció, durant la demolició, i després de la seva vida útil, durant el reciclat dels residus propis de la demolició.

En general, en quantificar la sostenibilitat de les construccions, el balanç de consums i impacte ambiental a curt termini, tal com s'ha descrit anteriorment, és molt inferior al mateix balanç realitzat a llarg termini als capítols indicats.

Es pot veure que el resultat de l'esmentada quantificació és que el formigó és un material prou adequat per a una construcció més sostenible ja que:

Proporciona inèrcia tèrmica i reduint la demanda energètica de la construcció i, per tant, el consum d'energia que realitzarà l'usuari durant tota la vida útil de la construcció.

Ofereix a la construcció una vida útil molt elevada.

Proporciona una elevada resistència última al foc, augmentant la seguretat de les persones i dels patrimonis i evitant danys col·laterals de gran rellevància social.

Ofereix un aïllament acústic suficient per assegurar el confort de l'usuari, estalviant el consum d'altres materials.

Redueix les despeses de conservació i manteniment, durant la vida útil de la construcció, a valors irrelevants.

Al final de la seva vida útil, és reciclable, podent formar part, com a material granular reciclat, de noves construccions.

El decidit compromís amb el medi ambient i la innovació que la indústria fabricant del ciment du a terme per augmentar la sostenibilitat del mateix, redueix notablement el balanç de consums i impacte ambiental a curt termini, durant l'obtenció de les matèries primeres per a la fabricació del formigó, augmentant la sostenibilitat de la construcció que és la que empra aquest material.

La valorització de residus, tant industrials com urbans, completa la gestió dels mateixos, evita els abocadors i les emissions de gasos per fermentació que en ells es produeixen, evita processos d'incineració de residus a temperatura insuficient per a la destrucció dels composts orgànics i, en definitiva, forma part de qualsevol política mediambiental integral responsable.

La reducció de consums i impacte ambiental a curt termini és, quantitativament, menys important, en el cas de la construcció de formigó, que la reducció que es produeix, en els mateixos conceptes, a llarg termini durant la vida útil de l'objecte construït i, per tant, la sostenibilitat de l'esmentada construcció està més influïda pel comportament de la pròpia construcció ja en servei que per l'obtenció de matèries primeres i del procés constructiu.

No obstant això, l'empenyorament en millorar la sostenibilitat en el període inicial de l'activitat (curt termini) millorant els processos d'obtenció de matèries primeres i el procés constructiu, és una forma positiva de contribuir a assolir una major sostenibilitat i, en aquest sentit, és un exercici de responsabilitat social.

2.3 Annex de sostenibilitat de la EHE

2.3.1 Aspectes generals

La sostenibilitat és un concepte general, no específic de les estructures de formigó que requereix que satisfacin una sèrie de criteris mediambientals, així com d'altres de caràcter econòmic i social. El nou Annex de la Instrucció de formigó defineix un Índex de contribució de l'estructura a la sostenibilitat, obtingut a partir de l'Índex de sensibilitat mediambiental de la mateixa i estableix procediments per a estimar-los per quan es precisi en la redacció dels projectes.

Aquesta pot ser una eina molt útil per a la propietat o per a qualsevol organisme de control ja que donarà una idea més o menys real i ajudarà del control sostenible de tot el procés constructiu d'una estructura.

L'estimació dels indicadors de sostenibilitat o en el seu cas mediambientals contemplats en la instrucció poden tenir les següents utilitats:

- La comparació entre dues solucions estructurals per a una mateixa obra
- L'establiment d'un paràmetre quantitatiu de valoració de la qualitat de l'estructura en relació amb aquests aspectes

Cal comentar que si sumem tots els consums que el producte final genera al llarg de la seva vida útil, això ens donaria una idea de l'índex de sostenibilitat del producte avaluat. Per tant per a mesurar-la és necessari acordar prèviament un model de quantificació i tractament de l'anàlisi del cicle de vida en el que s'estableixin els criteris de ponderació i valoració. La sostenibilitat només es pot quantificar després de fer el balanç de consums al llarg de la seva vida útil de la obra, per lo que a més dels costos d'execució d'aquesta obra és imprescindible valorar a mode de previsió els costos de manteniment, conservació i utilització per part de l'usuari. Tot i que amb molta freqüència els més representatius siguin només els primers.

2.3.2 Criteris de sostenibilitat en el projecte d'estructures

En general, una estructura té major valor a efectes de sostenibilitat quan compatibilitza les seves exigències resistents i de durabilitat i si compleix d'entre altres coses que:

- es desenvolupa sota un sistema de gestió mediambiental, certificat voluntàriament:
- s'utilitzen ciments amb addicions o bé produïts sota directrius que emanen de marcs juridico-administratius fonamentats en el compliment del protocol de Kyoto.
- s'utilitzin ciments obtinguts per processos que incorporin matèries primeres que produeixin menys emissions de CO₂ i que necessitin menys temperatura de cocció.

- s'utilitzin ciments obtinguts per processos que consumeixen, valorant-los, residus industrials o de qualsevol altre tipus, disminuint els volums de l'abocador.
- s'utilitzin, per a la fabricació del formigó, àrids procedents de processos de reciclat.
- es recuperin zones de pedrera, després de realitzar en elles les corresponents activitats de tipus extractiu.
- s'utilitzi, aigua reciclada en la pròpia fàbrica de formigó
- s'optimitzi la qualitat del formigó i es redueixi la quantia de les armadures.
- es redueixi el consum de materials de manera compatible amb l'ús de les exigències de durabilitat.

Referent a la consideració dels criteris de sostenibilitat en una estructura, la nova Instrucció també ens diu que aquests seran decidits per la Propietat i que a més haurà de:

- comunicar-ho a l'autor del projecte per a que incorpori les corresponents mesures durant la redacció del mateix.
- considerar-ho en l'encàrrec de la execució.
- controlar el compliment per part de la Constructora dels criteris durant l'execució i vetllar perquè es transmetin als usuaris, en el seu cas, els criteris adequats de manteniment.

Es considera que una estructura de formigó compleix el criteri definit per la propietat quan, segons el cas es compleixin les següents condicions:

$$ICES_{\text{propietat}} \leq ICES_{\text{projecte}} \leq ICES_{\text{execució}} \quad [2]$$

2.3.3 Limitacions actuals en l'avaluació del grau de sostenibilitat

Una cop vistos com han de ser els criteris per a incorporar en el càlcul de la sostenibilitat d'un projecte, cal veure quin és l'abast que podem fer a l'hora de calcular-los. Ja que que existeix una certa experiència per a la determinació i quantificació, de molts dels aspectes d'estalvi, socials i econòmics que formen part del concepte de sostenibilitat però no n'hi ha de medi ambientals que formin part d'aquest concepte.

Actualment existeixen certes limitacions a l'hora de mesurar determinats aspectes que incideixen en un potencial índex de sostenibilitat d'una estructura. És obvi que existeixen diferents tipus estructurals que poden ser més eficients que d'altres en casos concrets, però avui en dia no existeix una base de dades el suficient completa per a poder avaluar la sostenibilitat.

L'estalvi de materials és un dels aspectes que influeix en la sostenibilitat estructural però no es posseeixen suficients dades al respecte, també passa amb d'altres paràmetres que també estan exclosos i és per això que no s'ha pogut construir un model prou complet per a l'avaluació de l'índex de sostenibilitat estructural.

Hi ha hagut d'altres problemes durant el desenvolupament d'aquest Annex, un d'ells ha sigut que determinats criteris de sostenibilitat poden afavorir a una part del sector de la construcció front a una altra, però sobre els quals no existeixen encara estudis suficientment rigorosos com per a que la norma hi exerceixi una força influent.

La exclusió de diferents paràmetres ha portat a considerar un model simplificat i el fet d'haver d'introduir simplificacions importants ha portat a un canvi de denominació, per això **no es parla més de l'Índex de Sostenibilitat sinó d'Índex de Sensibilitat Medi Ambiental**.

2.4 Índex de Sensibilitat Mediambiental

L'objecte d'aquest apartat és descriure completament els aspectes a avaluar l'índex de sensibilitat medi ambiental. Des del punt de vista de la implantació pràctica es proposen dues etapes de càlcul d'aquest índex, la de projecte i la corresponent al final de l'obra.

Una primera etapa corresponent a l'**etapa de projecte**, en la que es mesura la sensibilitat medi ambiental incorporada en el projecte. Per a verificar aquesta sensibilitat medi ambiental s'ha de complir necessàriament que les mesures, que després es van a avaluar, estiguin:

- Recollides en el plec de condicions i altres documents de projecte.
- Valorades econòmicament en el pressupost.

En el cas de que no compleixin alguna d'aquestes dues condicions els indicadors posteriors no seran valorats o es situaran en l'escaló inferior.

Una segona **etapa corresponent al final de l'obra** en el moment de recepció de la mateixa, a la qual es nomena índex de sensibilitat medi ambiental de construcció o d'obra. A la mateixa es pretén que el grau de compliment en l'execució estigui d'acord amb les prescripcions de projecte.

En cas que l'estructura hagi de certificar-ne respecte a qualsevol estàndard que contempli aquest annex com a requisit a complir, tot aspecte que indica en la valoració de l'índex de sensibilitat mediambiental d'obra, i que no sigui possible comprovar una vegada construïda l'estructura, haurà de ser documentat, constituint un registre de documentacions que certifiquin les mesures preses. El Director d'Obra realitzarà les corresponents comprovacions i facilitarà les esmentades documentacions

Tal com pot veure's a la figura 1, l'arbre té dues branques principals que fan referència, d'una banda, als recursos a emprar en la fabricació del producte, formigó i acer col·locat en l'estructura i, d'altra banda, a les polítiques actives per reduir impactes en diversos processos:

Productes: on es té en compte la sensibilitat mediambiental, en funció de com han estat extrets, fabricats, processats i utilitzats la matèria primera o elements de l'estructura de formigó.

Mesures per reduir impactes: on es tenen en compte: tant els impactes

directes a l'entorn humà, com aquells que deterioren el medi ambient, i també perjudiquen l'entorn humà, però de forma més lenta.

Respecte a la ponderació que es presenta a l'esmentada figura, respon al plantejament d'anàlisi implícita de valor en el procés d'Anàlisi Jeràrquica de Processos (AHP), el detall dels quals es mostra en una monografia específica que acompanya a aquesta instrucció. S'ha optat per presentar els percentatges per facilitar la visualització dels pesos de cara a l'usuari.

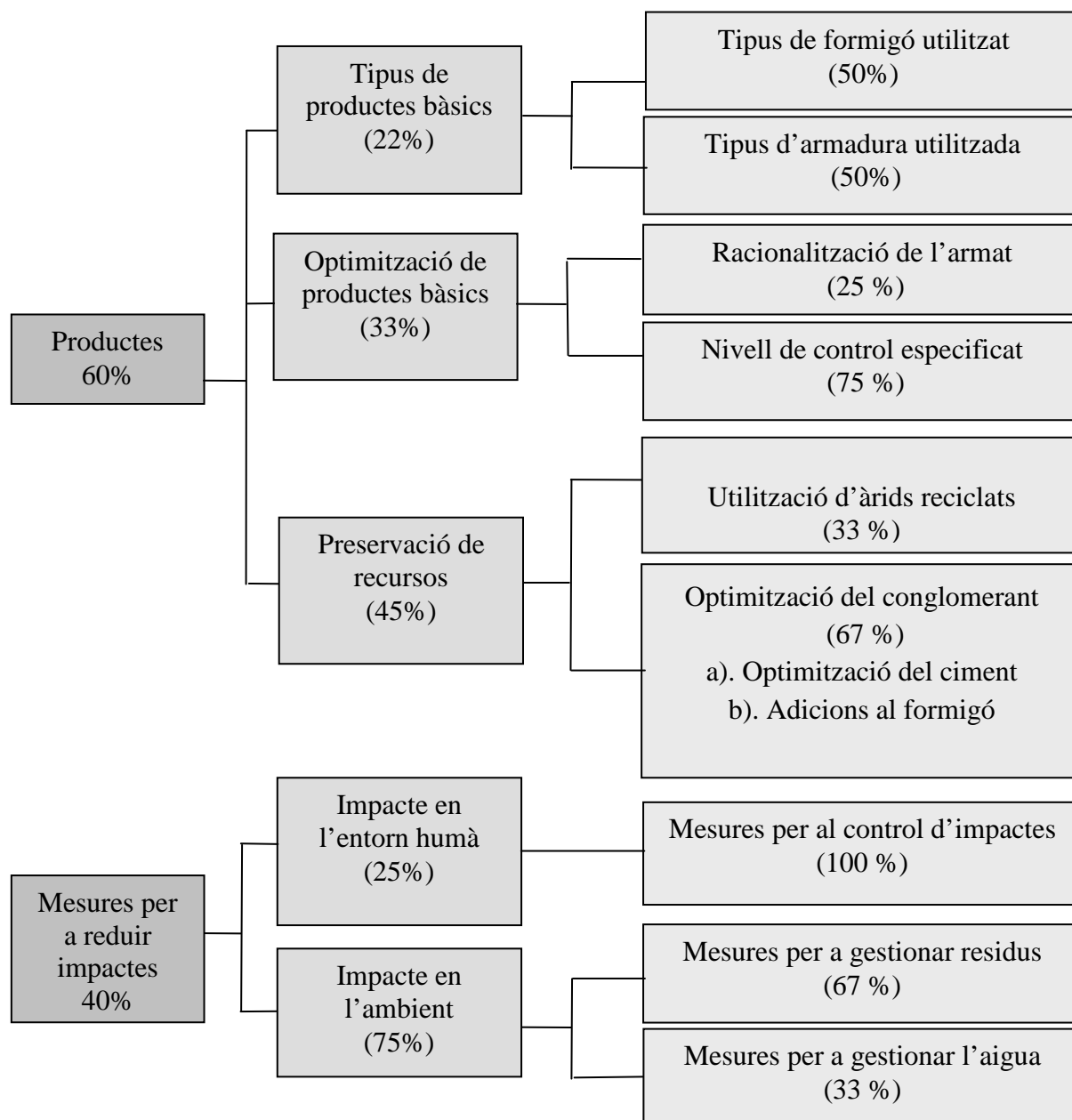


Figura 1.- Arbre de requeriments per a mesurar l'índex de sensibilitat medi ambiental del projecte d'estructura de formigó.[2]

2.4.1 Productes

La major part dels productes que s'utilitzen en la construcció d'estructures de formigó són recursos no renovables, o la renovació dels quals es dona de forma molt

lenta. En conseqüència, es planteja aquest requeriment per tal d'avaluar l'eficiència amb què s'utilitzen els productes bàsics del projecte d'estructures de formigó.

Tipus de productes bàsics

En aquest criteri s'avaluen les estratègies del projecte encaminades a disminuir els impactes produïts per la manipulació i transformació de material en obra, fins a la configuració final de l'estructura, inclosa la col·locació.

- Formigó emprat

Els objectius que es pretenen amb aquest indicador són:
Disminuir els desaprofitament de les matèries primeres utilitzades per a la construcció de les estructures de formigó,
Permetre un millor reciclatge d'aquells que no es puguin evitar i
Disminuir els impactes en l'entorn de la construcció.

- Armadura emprada

Aquest indicador té per objectiu analitzar la disminució dels malbarataments i impactes en l'entorn, així com, l'augment del control dels residus i la potenciació del reciclatge dels mateixos.

Optimització de productes bàsics

Aquest criteri s'orienta a determinar l'eficiència amb què s'utilitzen els materials en construcció. Es tracta d'afavorir els projectes estructurals que optimitzin geometries (recursos) per a cada una de les necessitats. Això respon que amb freqüència es plantegen solucions estructurals que prevalen altres criteris i que, conseqüentment, condueixen a solucions poc eficients des del punt de vista ambiental.

- Racionalització de l'armat

L'objectiu d'aquest indicador és reduir el volum d'armadura (activa i passiva) i les minves d'armat (això és, menors recursos i millor gestió dels mateixos). Com a conseqüència, els impactes produïts en el procés es reduiran.

- Nivell de control

Aquest indicador, que defineix el nivell de control d'obra que especifica el projecte, té per objectiu reduir l'ús de matèria primera, a conseqüència de la disminució en els coeficients parcials de seguretat, per l'augment del control en l'execució de les obres.

Preservació de recursos

En aquest criteri es potencia, d'una banda, l'aprofitament de residus produïts en altres actuacions humanes (àrids reciclat, addicions) i, d'altra banda, l'eficiència en l'ús del ciment. Amb això es pretén potenciar polítiques actives encaminades a disminuir els impactes generats per l'extracció, o modificació, dels recursos naturals.

- Utilització d'àrids reciclats

Fomentar l'ús de formigons que incloguin àrids reciclats a fi de disminuir els possibles impactes que es generen per l'extracció de recursos naturals.

- Optimització en el conglomerant

Amb aquest indicador s'avalua l'eficiència del tipus de conglomerant proposat, per a l'estructura de formigó del projecte. Tenint en compte que sempre es pretén emprar el conglomerant més indicat per a cada aplicació, aquesta eficiència del conglomerant es pot assolir mitjançant dues alternatives, que usualment són excloents. Aquestes alternatives són:

El propi tipus de ciment és el que incorpora les addicions.

Les addicions s'incorporen additivament al ciment (usualment tipus I) per obtenir el formigó desitjat.

L'objectiu és disminuir l'acumulació de residus en abocadors i l'emissió de CO₂ deguda a la fabricació de ciment i el consum de recursos naturals.

- Addicions al formigó

Es pot recordar que en aquest cas es fa la hipòtesi que l'addició s'incorpora al formigó, estant aquest fabricat amb un ciment tipus CEM I, per la qual cosa aquest indicador és substitutiu de l'anterior. Aquest indicador té en compte la incorporació d'addicions al formigó, sempre dins de les condicions imposades a aquesta pràctica en l'articulat, per tal d'emprar residus industrials tècnicament factibles i, que a més, incorporen avantatges des del punt de vista mediambiental.

2.4.2 Mesures per a reduir l'impacte ambiental

L'impacte ambiental es defineix com l'alteració, modificació o canvi en l'ambient a causa d'efectes o accions de l'activitat humana. Com alguna d'aquestes alteracions té sentit negatiu sobre el mitjà/medi, es fa necessari implantar mesures per reduir els esmentats impactes, sent aquest l'objectiu bàsic del requeriment.

En aquest requeriment, a més d'implantar mesures preventives, es busca avaluar la pertinència de les propostes per reduir els esmentats impactes. Per avaluar aquest requeriment, es parteix dels impactes produïts a l'entorn humà, així com l'impacte produït a l'ambient, en el que s'inclou els efectes de la gestió de residus.

Impacte en l'entorn humà

En aquest criteri es tenen en compte els impactes locals que afecten directament els éssers humans. En conseqüència, aquest criteri es pot mesurar a través d'un indicador que avaluï la pertinència de les mesures per controlar: sorolls, pols, vibracions, etc.

- Mesures per al control d'impactes

Reduir els impactes directes al medi ambient a causa de la construcció de l'estructura. Aquest criteri se centra en les emissions de pols, havent-se decidit excloure l'impacte acústic, a causa que es considera que aquest tema es troba regulat

en les diferents comunitats autònomes i autoritats locals, havent de complir-se les mateixes. Així doncs, la seva ocupació no permetria discriminar entre alternatives.

Impacte en l'ambient

En aquest criteri s'avaluen aquells impactes globals que afecten el medi ambient i els éssers humans, a mitjà/medi i/o llarg termini. En conseqüència, el criteri inclou indicadors que valorin els plans de gestió de Residus de Construcció i Demolició (RCD) i de l'aigua proposats en el projecte.

- Mesures per gestionar Residus de Construcció i Demolició

Disminuir el volum de material a enviar abocador i, en el cas de fer-ho, que sigui de forma classificada. En definitiva, s'avaluen les estratègies proposades en el projecte, i tingudes en compte en els pressuposts, per gestionar adequadament els residus sòlids RCD (inerts, no especials i especials) que generi l'execució del projecte constructiu.

- Mesures per gestionar l'aigua

Disminuir el consum d'aigua en obra i prevenir la contaminació de terres i aqüífers. Així doncs, amb aquest indicador s'avaluen les estratègies proposades en el projecte, i tingudes en compte en els pressuposts, per a l'ús eficient de l'aigua i la gestió adequada de l'aigua contaminada pel procés de construcció.

2.4.3 - Obtenció del valor de l'índex de sensibilitat mediambiental

El valor final que es denomina índex de sensibilitat mediambiental s'obté a partir de l'avaluació de l'estructura en estudi dels tres nivells establerts: indicadors, criteris i requeriments; de forma inversa a com és el desenvolupament de l'arbre assenyalat a la figura 1. Un esquema d'aquesta avaluació es presenta a la figura 2.

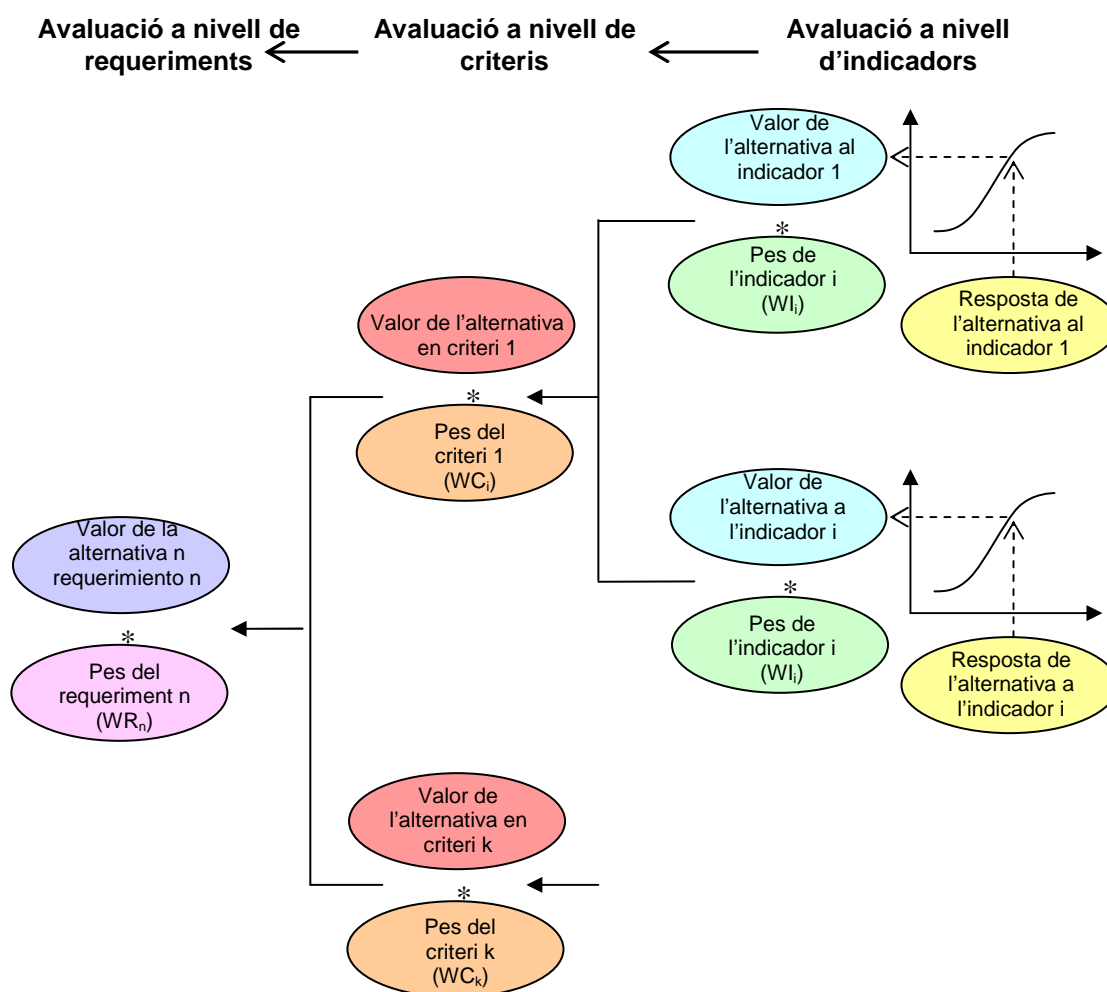


Figura 2. – Avaluació de les alternatives a nivell d'indicadors, criteris i requeriments. [4]

D'acord al mostrat a l'esmentada figura 2, a cada indicador (criteri) es pren el resultat de l'indicador corresponent a la solució d'estudi i d'acord amb la funció de valor s'obté un valor per a aquest indicador. Aquest valor ha d'estar entre 0 i 1, tal com s'ha vist en totes les funcions de valor. Per a la determinació dels pesos (en aquest cas els pesos estan donats en l'arbre 1), posteriorment es fa una comparació mitjançant AHP (Anàlisi Jeràrquic de Processos) entre els indicadors del mateix grup, o bé una puntuació directa. Així doncs, sumant els productes dels indicadors pels seus pesos en cada criteri, s'obté el valor final del criteri.

Procedint de forma anàloga, comparant els criteris d'un mateix grup, per definir els seus pesos (resultats en arbre de la figura 1) i, posteriorment, multiplicant cada criteri pel seu pes dins d'un mateix requeriment, s'obté el valor d'aquest últim. A aquest nivell de requeriments es procedeix novament a comparar entre ells per obtenir el pes (en aquest cas resultats en l'arbre de la figura 1). I multiplicats pels seus corresponents valors s'obté un valor únic final a què s'ha denominat índex de sensibilitat mediambiental

Per facilitar l'avaluació de l'índex de sensibilitat mediambiental, es fa servir un programa informàtic que permet introduir les dades corresponents a la solució estructural projectada, i obtenir l'esmentat índex de manera automàtica. No obstant

això, per tal d'aconseguir una major facilitat a l'hora d'interpretar els resultats de l'avaluació, s'inclou un sistema de rangs o nivells, amb una nomenclatura alfabètica similar a l'usada per als consums energètics d'electrodomèstics. Aquests rangs es presenten a la taula de sota.

Cal assenyalar que amb relació a la pràctica habitual en projectes de formigó estructural, en l'actualitat el nivell A correspon a una situació molt llunyana a la pràctica habitual, mentre que la majoria dels projectes actuals se situarien en el nivell E.

Nivell	Sensibilitat mediambiental de l'estructura	Valor de l'índex
A	Màxima	0,81 a 1,0
B	Alta	0,61 a 0,80
C	Mitja	0,41 a 0,60
D	Baixa	0,21 a 0,40
E	Mínima	0 a 0,2

Taula 1. - Rangs de l'índex de sensibilitat mediambiental

Comparació entre els índexs de projecte i obra

Tal com s'ha exposat, hi ha dos índexs de sensibilitat mediambiental de l'estructura, el corresponent a projecte (entrada) i el resultant final de l'execució en condicions reals d'obra (sortida).

A la recepció de l'obra caldrà comparar l'índex de sensibilitat mediambiental d'obra (ISMA obra) respecte al de projecte (ISMA projecte), podent presentar-se els següents escenaris, els quals han d'estar contemplats en les especificacions contractuals de l'adjudicació de l'obra:

L'índex d'obra és superior al de projecte: $ISMA_{obra} > ISMA_{projecte}$

En aquest cas, amb poca probabilitat de produir-se en general, al ser el resultat d'obra superior al de projecte, només caben polítiques positives de relació, o bé contraprestacions econòmiques si prèviament així s'han establert.

L'índex d'obra és igual al de projecte: $ISMA_{obra} = ISMA_{projecte}$

En aquest cas al ser igual el contractat que el construït, no cal actuació alguna tret de la felicitació pel compliment de les especificacions de projecte

L'índex d'obra és inferior al de projecte: $ISMA_{obra} < ISMA_{projecte}$

En aquest cas, amb alta probabilitat de produir-se, hi ha que establir un protocol d'actuació, el qual queda determinat como segueix:

Si l'ISMA d'obra es situa entre el valor mínim del nivell en el que es situa l'ISMA de projecte i el valor de 1,00 ISMA projecte, aquest valor segueix estan en el nivell preestablert.

Si l'ISMA d'obra, canvia amb respecte al nivell preestablert i passa a un nivell inferior. En aquest cas sí el ISMA d'obra, es situa entre el 0,95 y 1,00 de l'ISMA projecte, donada una justificació si procedeix d'incompliment per impossibilitat tècnica y econòmica raonables, la direcció de obres pot admetre el resultat sin penalització alguna.

Si l'ISMA d'obra, canvia amb respecte el nivell preestablert i passa a un nivell inferior. En aquest cas sí el ISMA obra, es situa per sota del 0,95 ISMA projecte, haurem de seguir els passos establerts en la relació contractual entre parts, havent-ne d'establir les penalitzacions econòmiques corresponents. Aquestes penalitzacions han de venir associades als increments de cost entre l'aconseguit i el programat.

3. Tipologia d'estructures

3.1 Introducció

En el present apartat es disposa de dos projectes de dues estructures diferents de les quals es vol estudiar totes les possibilitats estructurals que poden presentar tant prefabricat com in situ dels dos edificis. Aquestes són dues estructures prou singulars que s'han estudiat molt bé des del dia en que es van adjudicar.

La primera és el projecte i la construcció d'un edifici per a ús comercial ubicat en Av. Portal de l'Àngel, 11-13, del nucli urbà de Barcelona. L'objectiu final del projecte era realitzar l'anàlisi estructural i el posterior dimensionament dels següents elements que conformen l'estructura de l'edifici: *PANTALLES, PILARS, LLOSES DE FONAMENTACIÓ, i finalment els FORJATS de cada planta.*

La segona és el projecte i la construcció d'un edifici de vivendes de protecció oficial que està enfocat majoritàriament per a estudiants, gent de mobilitat reduïda i 3a edat a la ciutat de Gandia. L'objectiu final igual que l'anterior era realitzar l'anàlisi estructural i el posterior dimensionament de l'estructura.

En els dos projectes s'ha seguit una tipologia estructural de construcció molt semblant. En l'entrada en vigor de la nova normativa de formigó volem veure en els casos anteriors, de dos edificis que hem projectat i construït nosaltres, quin valor de sostenibilitat presenten i com varien aquests en funció de la tipologia estructural que s'hi aplica, i finalment fer-hi una valoració econòmica.

En aquest apartat anem a presentar quines són les possibles tipologies estructurals que existeixen en el mercat, que es puguin aplicar als edificis anteriorment definits en termes econòmics i estructurals. Seguint aquestes premisses profunditzarem en les tipologies de forjats actuals i destacarem les seves característiques, aplicacions, posta en obra i en mostrarem els seus avantatges per a poder distingir el tipus d'obra en el que és més recomanable disposar-ne cadascun. Sent el nostre objectiu la practicitat i l'adequació, és un requisit bàsic tenir una visió ordenada prèvia del ventall d'opcions amb les que contem per no començar amb idees errònies que ens puguin portar a proposar solucions poc adequades. Oferint seguidament un resum de las alternatives que anem a analitzar a continuació.

3.1.1 Estudi de possibilitats

El cost del terra urbà, especialment a grans ciutats densament poblades com les espanyoles, té una repercussió enorme en el cost total de l'edifici. Situacions com de reduir el cantell de forma considerable (fins i tot un 40 per cent), mantenint les llums o fins i tot augmentant-les lleugerament, pot permetre en alguns casos construir una planta més sense superar les limitacions d'altura de les Ordenances Municipals, la qual cosa des del punt de vista de la propietat constitueix una opció que, per si mateixa, justificarà àmpliament en termes econòmics la solució estructural adoptada.

En altres casos es pot disminuir l'alçada total de l'edifici, mantenint la mateixa quantitat de plantes i l'altura lliure interior, amb el consegüent estalvi en tancaments

(mur cortina) i en cas de soterranis menor profunditat de murs pantalles i de volum d'excavació (important en presència de nivell freàtic).

Per mostrar alguns objectius generals que s'han de considerar en el disseny conceptual d'un edifici, els classificarem en funció de la direcció predominant en la qual avança la seva construcció:

Edificis de mitja a gran altura, on la construcció progressa verticalment de forjat a forjat. L'alta repetició de forjats idèntics que se n'executen un a continuació de l'altre, impliquen uns objectius típics d'aquest tipus de construcció.

- Minimitzar el termini total de construcció i disminuir la necessitat de reapuntaments.
- Minimitzar dimensió de pilars i fonamentació, via la reducció del pes propi dels forjats.
- Obtenir grans llums, dotant a l'edifici d'una major flexibilitat en els seus usos futurs.
- Minimitzar l'altura total de l'edifici, reduint l'espessor dels forjats. En principi seria incompatible amb el punt anterior.

Edificis de baixa alçada però amb una gran superfície en cada planta, en aquest cas la direcció predominant d'avanç de la construcció és horitzontal. En no existir una gran repetició de forjats idèntics i en ser la quantitat total dels mateixos relativament petita, l'espessor i el pes del forjat no juguen un paper tan important com en el cas anterior. En aquesta tipologia d'edifici és primordial la simplicitat de l'encofrat i l'armat que es tradueixen en una gran velocitat d'avanç.

Els principals paràmetres a tenir en compte al moment d'escollir la tipologia estructural del forjat són els següents:

- Llum típica entre pilars.
- Relació entre llums dels vans en direccions X i Y, seleccionant solucions bidireccionals (relacions properes a 1) o unidireccionals. Magnitud de les càrregues addicionals a Pes Propi i Sobrecàrrega d'Ús (lleuger, mitja o pesada).
- Cantell total del forjat estructural: en determina l'alçada total de l'edifici i és important en edificis de gran altura.
- Constructibilitat: accés de grues, cost d'encofrat i quantitat de postes, utilització de taules, vinculació a elements construïts anteriorment, punxonament, possibilitat de tesar des de les vores exteriors.
- Flexibilitat per al lay-out d'instal·lacions i/o serveis a disposar entre el forjat i el fals sostre: possibilitat de disposar bigues de cantell.
- Pes propi del forjat per unitat de superfície (mitjana): determina la mida de suports i fonamentacions, i en zona sísmica, la magnitud de la força horitzontal.
- Requeriments en E.L.S. (fisuració, deformació) i en E.L.U. (resistència). Si el forjat és part de l'estructura resistent davant càrregues horitzontals, és preferible la utilització de bigues de cantell per materialitzar els pòrtics resistents.
- Acabats: formigó vist, fals sostre...
- Tipus d'Edifici: en alçada o en superfície.

De tots els possibles tipus de forjats que existeixen en el mercat, cal escollir els que siguin més representatius i que compleixin certs requeriments que incentiven a ser escollits com a tipologia i tingui valor estudiar-ne el cas. Es poden classificar aquestes qualitats pensant en 3 paràmetres bàsics.

- Temps d'execució: és una de les propietats més significatives que es demana a una determinada tipologia, els plaços d'entrega són cada cop més reduïts i l'elevat preu dels costos indirectes que hi ha en els països desenvolupats exigeix reduir plaços per obtenir rentabilitat d'una obra.
- Cost d'execució: és la propietat més tangible de les tres. Totes les empreses tenen finalitat de lucre i l'objectiu final és el benefici aquest estar directament relacionat amb el cost, per això interessa tipologies més econòmiques.
- Cost mediambiental: aquesta propietat és la que té a veure amb la sostenibilitat. Cal tenir en compte que els recursos naturals són esgotables i la nostra prioritat és reutilitzar o estalviar.

A l'hora de puntuar cada tipologia s'ha creat un diagrama que reflecteix a partir de les seves característiques un valor numèric i la seva puntuació pertinent segons una definició:

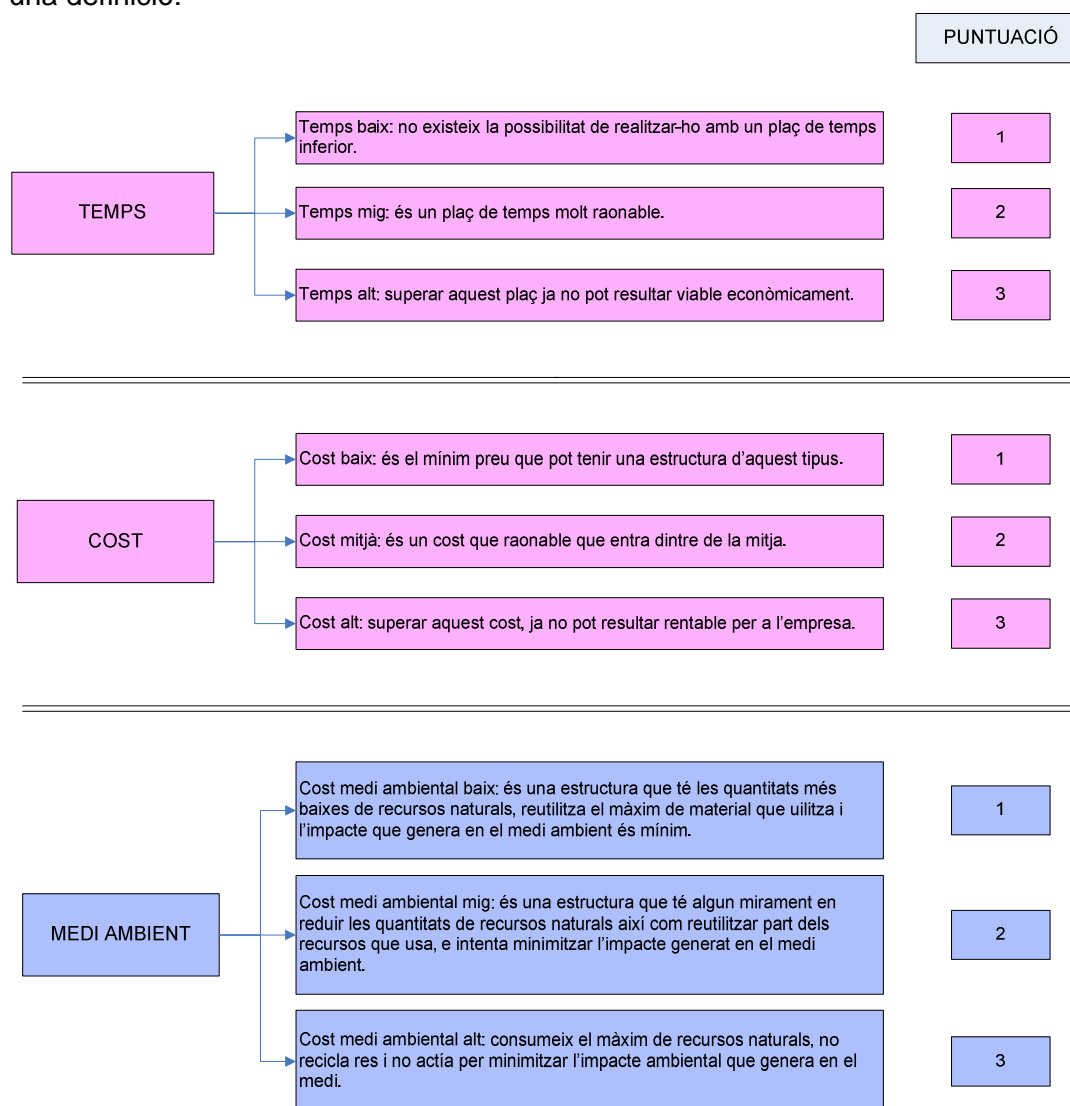


Fig 3.- Esquema d'avaluació numèric de les alternatives

A continuació es presenta la taula que resumeix els tipus de forjat més utilitzats i la valoració numèrica corresponent a les propietats abans esmentades. La puntuació total s'obté de la multiplicació dels seus factors, això té el seu motiu en que els valors multiplicats tenen més dispersió. Cal fixar-se que els valors que siguin més elevats es descartaran directament perquè no presenten les qualitats que s'estan buscant, tot i que podria donar-se el cas que per a alguna situació d'execució particular fos la millor alternativa.

Tipologia	Temps	Cost	Medi ambient	Puntuació total
Llosa massissa	3	2	2	12
Forjat postesat	2	3	2	12
Forjat reticular	2	2	1	4
Llosa alveolar	1	3	1	3
Prellosa	1	3	2	6
Xapa col·laborant	1	2	1	2

Taula 2.- Puntuacions de les diferents tipologies.

De totes aquestes tipologies escollim, els 4 tipus que tenen la inferior puntuació.

Finalment la selecció resultant és la següent i la podem agrupar com correspon:

Llosa massissa	→	Estructura in situ
Forjat reticular	→	Estructura in situ
Forjat postesat	→	Estructura in situ
Llosa alveolar	→	Estructura prefabricada de formigó
Prellosa	→	Estructura prefabricada de formigó
Xapa col·laborant	→	Estructura metàl·lica

3.2 Estructura in situ

A continuació parlarem descriurem les tres tipologies in situ més importants que tenim en el panorama constructiu. En primer lloc tenim els forjats reticulars que engloben les plaques massisses i les plaques alleugerides. A continuació també parlarem del forjat postesat que és una solució cada vegada més estudiada que s'utilitza en determinades situacions de llum i recolzaments.

3.2.1 Forjats reticular

Els forjats són estructures superficials, planes, que treballen a torsió y a flexió, i que per les seves condicions de recolzament i disposició d'armadura treballen en les dues direccions .

3.2.1.1. Característiques

Aquestes *lloses contínues* tenen l'avantatge de la seva gran simplicitat per contra posseeixen un pes propi molt elevat. Per a disminuir el pes, s'han estudiat moltes opcions totes elles basades en incorporar a la llosa elements de menor pes específic en las zones de treball a la tracció. D'aquesta forma s'alleugereix la llosa però obliga a revestir la cara inferior que en principi era tota de formigó, i que en molts casos pot deixar-se vista. Per realitzar el formigonat, requereixen sempre d'un encofrat complet.

La capacitat mecànica i resistent de la placa l'assumeix tot el conjunt i no una part, adquirint la responsabilitat d'enfrontar-se als esforços de flexió, torsió i tallant que es desenvolupen dintre de l'esquema estructural.

En els forjats reticulars, a la zona dels pilars es prescindeix dels blocs d'alleugeriment i la placa passa a ser massissa desapareixent les nervadures com a tals. Així es defineix l'àbac, que és la zona del capitell que es ressalta, o si es tracta d'una placa alleugerida es massissa sense o amb ressalt.

- En **plaques massisses** pot no existir, i si existeix, pot anar acompanyat de capitell.
- En **plaques alleugerides** (reticulars), la seva existència és preceptiva, podent anar acompanyat o no de capitell.

Per a resistir el punxonament es sol ampliar el cap del pilar constituint el *capitell*.

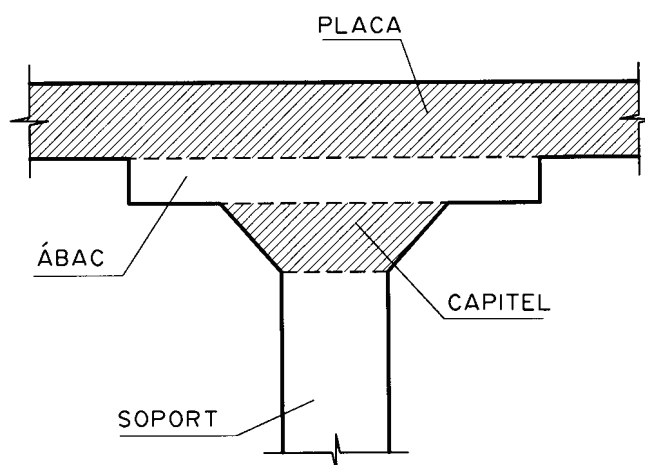


Figura 4.- Detall del capitell sobre el pilar [6]

L'estructura així formada admet que les seves flexions poden ser descompostes i analitzat segons les dues direccions d'armat, i forma amb els suports un conjunt estructural capaç de suportar les accions verticals repartides i puntuals

molt adequadament, i els horitzontals raonablement bé però en una mesura bastant menor que les primeres.

Les característiques que defineixen el forjat reticular són:

Cantell total de la placa

Alçada del caixetó

Separació entre eixos de nervis

Espessor dels nervis, que en els forjats reticulars recuperables tenen una ànima d'espessor variable troncopiramidal.

Espessor de la capa de compressió.

El *forjat alleugerit* pertany a la família de les lloses de formigó armat, no homogènies, alleugerides i armades en dues direccions ortogonals configurant una placa nervada. No són més que un cas particular extret del món de les plaques, sent la llosa massissa el cas més general d'aquesta família. Per tant la forma d'abordar el seu projecte, càlcul i construcció és similar en ambdós casos tenint en compte els seus matissos.

Paràmetres bàsics:

- Separació o intereix entre eixos de nervis ($e=80$ cm).
- Espessor dels nervis ($b=10$ cm).
- Cantell total de la placa ($H = h+3$).
- Alçada del bloc alleugerit (h).
- Espessor de la placa de compressió ($c=3$ cm).
- Existeixen dos tipus de disposició: amb bloc alleugerit perdut o amb bloc alleugerit recuperable de plàstic o metall, com veurem en les figures 6 i 7.

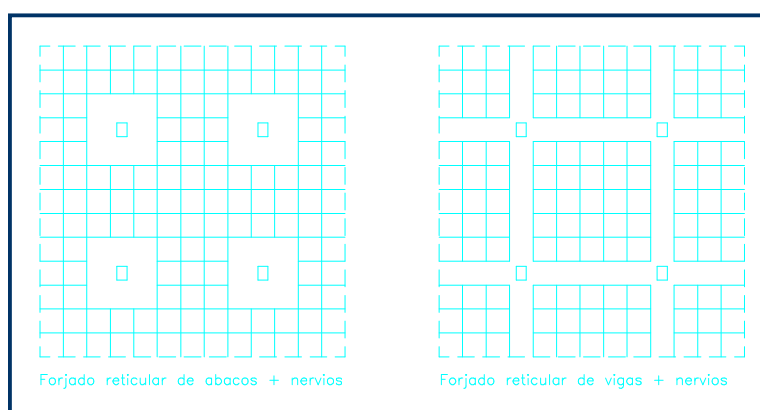


Figura 5.- Diferents distribucions d'àbacs i nervis

Forjat reticular amb caixetó no recuperable

Aquest sistema és més fàcil perquè no cal recuperar-ne els caixetons, presenta l'inconvenient que es trenquen durant la manipulació i quan s'hi camina per sobre, cosa que no ajuda a la seva finalitat.



Figura 6. Forjat de caixetons no recuperables en l'edifici plaça Europa

Forjat reticular amb caixetó recuperable

Aquest sistema presenta una inversió inicial major i cert manteniment però realment ofereix una major rentabilitat al llarg de la seva vida útil. També presenta una bona amortiguació sonora en subterranis i parquings resultant de les cavitats que queden en el forjat després de desencofrar.



Figura 7 i 8.- Caixetons disposats en obra amb els nervis pertinents.

3.2.1.2. Aplicació

El forjat in situ té major tradició d'ús que els prefabricats, ja que ve directament dels primers forjats usats, de biguetes i revoltons. Les lloses massisses i alleugerides, seran sempre una solució raonable per a qualsevol tipus d'obra, oferint majors facilitats com més difícil sigui la geometria o quant major sigui el nombre de plantes. Així podem arribar a grans llums en tot tipus d'edificis, tot i no poder oferir una col·locació tan ràpida i industrialitzada com els prefabricats.

3.2.1.3. Posada en obra

L'obra consisteix en un edifici industrial de 2 plantes de soterrani, planta baixa, planta primera i segona. Inicialment es realitza la pantalla (mur pantalla en aquest cas)

al llarg del perímetre. Després s'inicia l'excavació per fases. Com el nivell freàtic està per sobre de la cota màxima d'excavació, serà necessària la col·locació de well-points. Això consisteix en la col·locació d'una canonada que resegueix tot el contorn de la pantalla a què van connectats petit tubs amb clavas que treuen a l'aigua del terra per pressió. Aquesta canonada va connectada a una bomba elèctrica que du a terme el bombatge.

Una vegada realitzada l'excavació completa, es procedeix a recobrir el terreny amb una capa de formigó de neteja sobre la qual es col·locarà l'armadura de la llosa i es formigonarà posteriorment. D'ella arrenquen els pilars, també de formigó in situ, que arriben al primer forjat. Aquest consistirà en una llosa in situ amb caixetons recuperables que ajudaran a alleugerir-la. Als pisos superiors, la llosa alleugerida passa a ser massissa, seguint el procés d'encofrat posterior tradicional, i omplert de formigó amb bomba, sense usar aquí els caixetons.



Figura 9.- Vistes de l'encofrat on es pot veure la part inferior dels caixetons

3.2.1.4. Avantatges

La major diferència que pot existir entre plaques reticulars i lloses massisses és que les primeres tenen un comportament bidireccional i les segones multidireccional. Aquesta diferència fa que el camí de les càrregues als suports en el cas de la llosa sigui més directe, i per tant millor. A més, la llosa, en tenir un nombre infinit de nervis, ofereix una major hiperestaticitat. Podem ordenar les tres tipologies bàsiques de forjats en ordre a la seva efectivitat (millor repartiment de càrregues) i seguretat (grau d'hiperestaticitat).

1. Llosa massissa: és la solució que millor funciona. És la que permet absorbir majors irregularitats en la planta estructural, ja que a causa del seu major grau d'hiperestaticitat les càrregues aconseguixen trobar camins relativament senzills fins als pilars. Permet dissenys en planta que la resta de tipologies no s'adeqüen.
2. Placa reticular: El seu funcionament és semblant a l'anterior, però en menor mesura, pel que també es veu limitat en els seus avantatges.

3. Els forjats unidireccionals, com és el cas de les plaques prefabricades que tot seguit estudiem, tenen menors prestacions resistents i exigeixen un disseny estructural ordenat. No obstant això, en aquestes condicions ofereix un bon funcionament. A més

pesa menys que les anteriors i la seva execució no comporta necessàriament encofrar la planta.

Els forjats in situ, malgrat el seu major pes, major cantell i consum d'encofrat, aporten una major llibertat i flexibilitat de cara a modificacions en el projecte i singularitats. El seu major pes i compacitat aporten una bona resistència tèrmica i acústica.[10]

3.2.2 Forjat Posttesat

3.2.2.1 Característiques

El posttesat és una tècnica de precàrrega del formigó que elimina o redueix els esforços de tracció provocats per les càrregues que actuen sobre l'estructura. Consisteix en fer passar a través del formigó una sèrie de filferros d'alta resistència que reben el nom de cordons. Quan el formigó ha assolit certa resistència, cada grup de cordons s'enfila en gats hidràulics que permeten tensar-los fins a una força predeterminada. Després, els cordons es fixen en uns aparells especialment dissenyats a tal efecte, anomenats ancoratges, que prèviament han estat encastats al formigó. Aquesta tècnica introdueix en el formigó una força de compressió. L'extrem del cordó, que no s'enfila en el gat, es pot fixar al formigó per adherència, o bé es pot fixar en un ancoratge anomenat passiu.

Els cordons es col·loquen dins d'uns tubs o beines que permeten l'allargament induït per la força aplicada pel gat dins el formigó endurit, de manera que s'elimina l'adherència entre el formigó i l'acer. Les beines poden ser de metall, de plàstic o poden ser extrusions plàstiques aplicades directament sobre els filferros. En l'últim cas, també s'aplica sobre els filferros una capa de greix que els protegeix de la corrosió i en els altres casos, la beina es reomple mitjançant una injecció de morter de ciment un cop els cordons han estat tesats.

Les càrregues transmeses consisteixen, generalment, en forces concentrades en la zona dels ancoratges i, si el cable té certa curvatura, en unes forces de desviació que poden arribar a equilibrar el pes propi de l'estructura i, fins i tot, les càrregues permanents i les sobrecàrregues, en part o en la seva totalitat. Com a conseqüència d'aquestes càrregues es generen en el formigó unes compressions en les zones que, posteriorment, sota l'acció de les càrregues exteriors patiran tensions de tracció, de manera que aquestes, junt amb la fissuració i la deformació, es poden reduir o compensar notablement.

L'armadura passiva necessària és bastant reduïda ja que el sistema, a més d'impedir la fissuració, pot ajudar a resistir l'esforç de tallant sobre els recolzaments, gràcies a les forces de desviació que es produeixen a la contracorba del cable. A més, l'armadura activa, encara que no està adherida al formigó, també augmenta la seva tensió sota increments de la càrrega, de manera que també pot ajudar parcialment a resistir l'estat límit últim de flexió. Com a conseqüència dels efectes termohigromètrics cal disposar també d'armadura de pell en forma de malla en les dues cares de la llosa.[6]



Figura 10 i 11.- Detalls de l'armadura activa, passiva i de l'alleugeriment de porexpan.

3.2.2.2 Aplicació

Acostumen a construir-se in situ en la seva totalitat, encara que en ocasions combinen elements prefabricats o prelloses que fan funcions d'encofrats de fons i sobre els quals s'hi aboca el formigó, connectats mitjançant armadura transversal.

El forjat consisteix en una placa massissa de formigó encastada en els pilars de l'estructura. El procés constructiu es resumeix en [1]:

- . Encofrat
- . Disposició d'armadures passives i tendons
- . Col·locació de les plaques d'ancoratge en un caixetí situat a l'extrem dels tendons
- . Formigonat de la llosa
- . Tesat del tendons i ancoratge del mateixos, quan el formigó ha adquirit un 70% de la resistència de projecte.
- . Retirada de codals, cindri i desencofrat
- . Inici del cicle en una planta superior

3.2.2.3 Posada en obra

Per al formigó tot i que la norma EHE estableix una resistència mínima de 25 MPa. per a estructures de formigó pretesat, es recomana emprar formigons de 35 MPa. de resistència característica als 28 dies per evitar problemes de punxonament provocats per les grans llums assolides.

Es requereixen doncs, relacions aigua ciment baixes, continguts de ciment superiors als 350 kg/m³ i granulometries ben estudiades i convé reduir la retracció per tal d'evitar pèrdues diferides altes i problemes de fissuració.



Figura 12.- Formigonat amb bomba del forjat planta 1 del Casino de Lloret de Mar.

Per tal d'aprofitar els avantatges d'aquesta tècnica, quant a velocitat d'execució, es recomana la utilització de formigons d'alta resistència inicial, per tal de poder tesar poc temps després d'haver formigonat. Aconseguir un formigó fluid és essencial per a tenir una bona treballabilitat i facilitat de vibrat i, en conseqüència, es fa necessari utilitzar plastificants o superfluidificants, ja que en la majoria d'ocasions es col·loca amb bomba.

Els cordons de pretesat estan formats per filferros d'acer d'alta resistència, als que s'hi aplica una capa de greix abans d'extrusionar-hi una capa de polietilè, de manera que es permeti el lliscament del cordó dins l'interior de la beina. Els cordons queden protegits contra la corrosió i es garanteix la no adherència entre l'acer i el formigó.

La normativa vigent es remet a la norma UNE 36098 per tal de fixar les característiques mínimes de l'acer emprat com armadura activa. Es fixen requeriments quant a:

- Diagrama tensió-deformació
- Càrrega màxima unitària a tracció $f_{p,màx} = 1700 \text{ MPa}$
- Relació límit elàstic/càrrega de trencament establerta entre l'interval de 95% i 85% per a una deformació remanent del 2 %.
- Allargament remanent expressat en percentatge concentrat en trencament.
- Allargament (%) sota càrrega màxima, amb una longitud de mostra de 200 mm per a filferros i 500 mm per a cordons.
- Valor garantit del mòdul d'elasticitat a partir del diagrama tensió/deformació.
- Percentatge de pèrdua de secció en la zona de trencament.
- Ductilitat del material expressada en cicles de doblegat del filferro sense trencament.
- Relaxació com a pèrdua de tensió en el temps com a conseqüència d'una deformació constant.

Els cordons més freqüents són els de 0.6" de diàmetre nominal, 140 mm^2 de secció nominal, 260.7 kN de càrrega de trencament, mòdul d'elasticitat de 195 kN/mm^2 i pes, incloent la beina, de 1.19 kg/m.

Es recomana que, en el cas que els tendons es disposin en grup, no es superi la limitació de quatre tendons per grup i que la distància màxima entre tendons sigui sis cops el cantell de la llosa i, en tot cas, no superar els 1.5 m.

Els tendons s'ancoraran mitjançant uns elements mecànics individuals anomenats ancoratges. Gràcies a ells es transmet al formigó la força de pretensat concentrada en l'extrem del tendó. Existeixen dos tipus d'ancoratges, actius i passius. Els ancoratges actius són aquells des dels quals es fa el tesat i els ancoratges passius són aquells que reben la càrrega a través del tendó, però no directament del gat de tesat

Els ancoratges estan constituïts per plaques metàl·liques, falques, que es disposen entre el cordó i l'orifici de placa d'ancoratge per impedir el moviment dels tendons, i elements de protecció contra la corrosió. Hauran de ser capaços de desenvolupar, com a mínim un 96% de la càrrega de trencament mínima exigida per els tendons sense que s'arribi al trencament ni al lliscament de falca [3].



Figura 13.- Respiradors per expulsar l'aire en injectar la beurada de formigó.

La màxima penetració de falca en els ancoratges serà de 5 mm. per a tendons tesats el 75% de la seva càrrega màxima.

En les parts de l'estructura separades per juntes de construcció s'han de disposar uns elements anomenats acobladors que permeten donar continuïtat als tendons.

Les armadures passives són les mateixes que les de la construcció convencional de formigó armat. En general, es recomana emprar malles electrosoldades per les majors prestacions quant a repartiment de la fissuració i per facilitat de col·locació. Cal esmentar que cal disposar armadura passiva de reforç en les zones d'ancoratge. En la següent figura es mostren exemples de tendons i components accessoris emprats en els forjats de lloses posttesades, tant adherents com no adherents:



Figura 14.- Accessoris per realitzar el posttesat[12].

3.2.2.4 Avantatges

Fins fa uns anys, en l'edificació en general al nostre país, el posttesat es relegava quasi únicament a l'àmbit de l'obra civil i en especial a la construcció de ponts. Les raons d'aquest fenomen s'expliquen per l'absència de normativa, per la falta d'informació sobre els avantatges dels forjats posttesats amb tendons no adherents, per la major dificultat d'execució vers els forjats unidireccionals tradicionals o les lloses de formigó armat, i per l'alt cost d'execució que suposa comparat amb aquests últims. Dels avantatges que presenten els forjats de lloses posttesades amb tendons no adherents respecte dels forjats tradicionals en destaca que:

- Permeten aconseguir majors àrees lliures de pilars
- Permeten reduir considerablement el cantell dels forjats
- Es redueixen els problemes de fissuració del forjat
- Es redueix la limitació que les deformacions introdueixen en les dimensions dels elements estructurals de l'edifici
- Augmenta la capacitat resistent dels elements considerablement
- Permeten augmentar la velocitat d'execució
- Permeten reduir les dimensions de la fonamentació.

L'anàlisi i el disseny d'aquest tipus de forjats és un procés iteratiu en el que no es coneix a priori si els estats límits de servei o els estats límits últims són els determinants. Assumint que la tensió de tracció final és el criteri determinant, l'objectiu és determinar la força de tesat que limiti les traccions als valors permissibles en totes les seccions.

Una primera aproximació del problema consisteix en fixar el cantell del forjat mitjançant les recomanacions proporcionades pels diferents organismes dedicats a l'estudi del formigó.

Existeixen discrepàncies entre les normatives internacionals i la EHE en la comprovació de l'estat límit freqüent de tensions normals en servei, que es manifesten en que s'ha de posar molta cura en l'elecció del tipus d'ambient, per tal que el disseny no sigui antieconòmic.

La limitació més important quant a la reducció del cantell ve donada, en general, per la necessitat de resistir l'estat límit últim de punxonament. El major límit elàstic de l'acer de pretensat i el fet que indueix una compressió mitja sobre el perímetre crític, influeix positivament en la capacitat resistent del formigó, però la normativa EHE només permet tenir en compte la quantia del pretensat quan es tracta de cables adherents.

L'EHE no contempla la tipologia de forjats de lloses postesades amb tendons no adherents en relació als criteris generals de disposició d'armadura passiva. L'adopció estricta dels criteris generals utilitzats per a lloses armades porta invariablement a solucions antieconòmiques, de manera que cal tenir en compte l'armadura activa en el còmput de l'armadura total.

3.3 Estructura prefabricada

3.3.1. Llosa alveolar

3.3.1.1. Característiques

Les plaques alveolars, com veurem en la imatges següents, són des del punt de vista resistent, unidireccionals, és a dir, que es caracteritzen per resistir a flexió en una sola direcció, donades les seves condicions de recolzament i disposició d'armadura.



Figura 15 i 16.- Forjat de plaques alveolars

Aquest tipus està constituït per peces grans i pesades. Solen tenir una amplada de 2.40 m donat que és l'amplada màxima del transport normal sobre camió. Tot i això les limitacions dels medis d'elevació forcen a amplades menors. S'usen molt entre 0.8 m y 1.20 m, submúltiples ambdós de 2.40m que permeten un complet aprofitament de la caixa del camió.

Les longituds aconseguides són molt variables podent superar els 30 m i la relació cantell/llum sol oscil·lar entre 1/25 i 1/30.

Les peces tenen 2 cares planes i les altres dues amb perforacions longitudinals. Les cares planes aporten una major inèrcia que permet assolir majors llums a igualtat de cantell o reducció de cantell amb la mateixa llum. Les perforacions longitudinals permeten alleugerir el pes propi de la llosa.

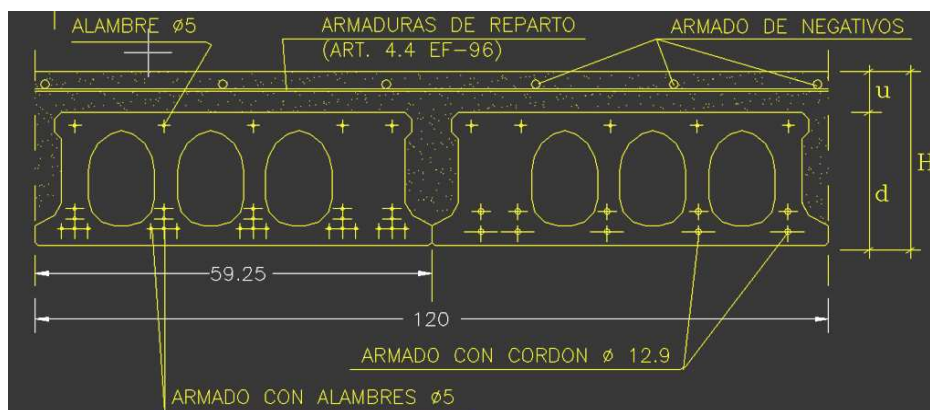


Figura 17.- Secció d'una placa alveolar.

Antigament la perforació més usada era la circular però avui en dia, com veiem a la figura anterior, s'aconsegueix un major alleugeriment per a seccions en finestra de mig punt i tabic de 2.5 a 3 cm d'espessor. Es solen aprofitar les perforacions per allotjar en el seu interior instal·lacions d'aigua, calefacció o electricitat.

Les diferents plaques es solidaritzen posteriorment vessant formigó en un receptacle nomenat ròtula situat entre els extrems d'una placa i la contigua. D'aquesta forma queda garantida la transmissió de les càrregues transversals. Així es transmetran només esforços tallants i no moments flectors.

Es disposa d'una capa de compressió en obra d'espessors 5, 8, 10 i 15 cm on s'hi allotja una malla electrosoldada d'acer corrugat. Els armats longitudinals inferiors de las plaques alveolars es realitzen amb diàmetres de 4 i 5 mm d'acer pretesat.

Les plaques han d'anar montades amb un mínim de 4cm sobre els murs de fàbrica o sobre el tauler d'encofrat o jàssera prefabricada com es mostra en la següent figura descriptiva dels detalls constructius:

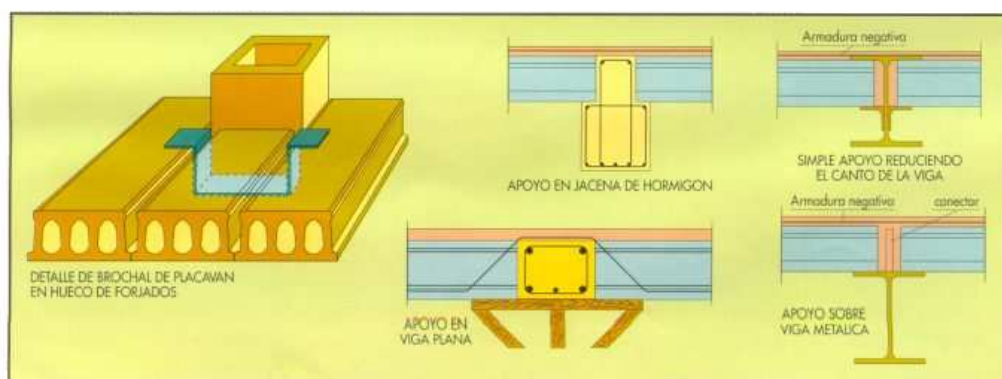


Figura 18.- Detalls de recolzament sobre diferents tipologies de jàssera.[14]

Té una fàcil maniobrabilitat, senzillesa y rapidesa d'execució, tal i com veiem en la figura següent, tot i que és difícil fer correccions una vegada ja està en obra.

Ofereix una major seguretat laboral.

Precisa buscar després solucions per aconseguir un bon acabat inferior.

Les condicions geomètriques que ha de complir:

- El cantell de la llosa ha de ser $\leq 50\text{cm}$, tal i com es pot apreciar a la figura següent:



Figura 19.- Visió lateral de plaques alveolars

- L'amplada sense armadura de repartiment ha de ser $\leq 140\text{cm}$ i amb armadura ha de ser $\leq 250\text{cm}$.
- Les llums no han de superar els 20m.
- El grossor mínim de les almes ha de complir
 - $\leq (2H)^{1/2}$
 - $\leq 20\text{ mm}$
 - $\leq \text{tamany màx àrid} + 10\text{mm}$
- La quantia mínima d'armadura ha de ser d'un 1.5 por 1000 sobre secció total i d'un 5 por 1000 sobre àrea cobaricèntrica a l'armadura inferior.
- Hi ha d'haver un mínim de 2 filferros col·locats simètricament
- La separació entre tendons ha de ser $\leq 40\text{cm}$ i ≤ 2 vegades el cantell

El recubriment mínim ha de ser $\geq 15\text{ mm}$ i s'estableixen com a mesura per a la protecció contra la corrosió, per a la prevenció de fisures longitudinals i per la resistència al foc.[3]

3.3.1.2. Aplicació

Grans sobrecàrregues i/o llums: aparcaments, magatzems, obra industrial, centre comercials, espectacles...

Construcció modulada: hospitals, escoles, edificis d'oficines, construcció residencial repetitiva

Obra civil: passarel·les peatonals i petits ponts, cubrició de dipòsits i canals...

Forjats inclinats i verticals: cobertes de gran llum, tancaments de naus, murs i pantalles de contenció...



Figura 20.- Dipòsit d'aigües pluvials amb sostre de plaques alveolars a l'urbanització de la Catalana.

3.3.1.3. Posada en obra

La fabricació d'aquests elements pot ser estàtica o estacionària, on la posició del motlle és fixa i els llocs de treball són mòbils.

La fabricació en cadena es caracteritza per què el panell, disposat sobre una plataforma mòbil o vagoneta, es va conformant a través d'una sèrie de llocs de treball en els que es realitza una o més de les operacions següents: neteja del motlle, aplicació del desencofrant, col·locació dels components, formigonat, vibrat, curat i extracció de la peça.

Una vegada feta la peça, s'extrau el motlle i s'acopia en el parc. Aquestes operacions, així com el muntatge en obra, es realitzen a través d'armadures complementàries. S'ha de tenir en consideració que:

- Les peces lleugeres s'enganxen pels seus estreps o per les armadures dels negatius.
- Les peces majors es mouen amb l'ajuda de ganxos d'elevació i també pels pasatubs en els que s'inserta una barra d'acer.

Detalls constructius:

La unió de les lloses amb bigues o amb murs de càrrega és funció de les condicions de recolzament, de la formació d'una secció mixta, del comportament front a accions horitzontals externes, de les toleràncies d'execució, etc.

En la pràctica s'especifiquen les unions de la llosa amb els murs de carga, els de tancament, les bigues i els panells entre sí.



Figura 21 i 22. Recolzament sobre jàsseres.

El recolzament consisteix en una capa de morter fresc d'uns 15mm o de llàmines elastomèriques.

Per últim es col·loquen les lloses alveolars. S'encaixen una a una, elevant-les amb la grua i amb l'ajuda d'un operari per a posicionar-les. A sobre s'hi col·loca la malla electrosoldada que serà el que es lligarà als ganxos de les jàsseres i finalment es formigona.



Figura 23.- Capa de formigó sobre de les lloses

Entre forjats es col·loquen puntals durant l'etapa constructiva per a aportar major resistència abans de que el conjunt treballi com un únic element.



Figura 24.- Mostres d'encofrat de les lloses.

Les plaques alveolars poden ser armades o pretesades sent més usades aquestes últimes. S'utilitzen freqüentment les peces simplement recolzades però per raons econòmiques s'opta cada vegada més per a l'ús de solucions amb continuïtat tenint en compte que en les zones de moments negatius farà falta disposar d'armadura per a aquests moments.

3.3.1.4. Avantatges

Dintre dels forjats prefabricats, les plaques alveolars ofereixen molts avantatges sobre mètodes alternatius, és de les solucions més econòmiques en la majoria dels casos per a edificacions residencials proporcionant el màxim benefici degut a la rapidesa de construcció, se'n caracteritza:

- Bona distribució de càrregues i repartiment transversal.
- Curt temps d'execució.
- Permet l'estalvi d'encofrat, ferralla i formigó d'obra.
- Major seguretat en obra al poder caminar per tota la superfície de les plaques.
- Alta resistència al foc. Fins a 120 minuts amb recobriments normals.
- Suporta grans llums amb poc cantell.
- Eficàcia estructural i flexibilitat en el disseny
- No és necessari usar capa de compressió en obra.
- Millor aïllament acústic que el forjat tradicional.
- Necessitat de ma d'obra inferior a la corresponent a un forjat tradicional.
- Alta qualitat garantida per produir en fàbrica.



Figura 25 i 26. Parking de plaques alveolars prefabricades.

3.3.2. Prelloses

Es poden definir com una làmina de formigó reforçat amb acers corrugats que contribueixen al funcionament mecànic del forjat, així com de gelosies que formen l'armadura de las Bigues i de caixetons de poliestirè expandit.

3.3.2.1. Característiques

La prelosa, una vegada instal·lada, servirà d'encofrat perdut, el que evita encofrar tota l'obra. Posseeix una resistència que dona una total seguretat a l'hora de

desplaçar-se sobre ella. La seva superfície vista és totalment plana i llisa. Insertant els elements necessaris, com caixes elèctriques, punts de llum i registres, permet tenir un acabat llis sense necessitat de fals sostre. Es tracta, a més, d'un producte fàcil de manipular. Una vegada col·locat el mallat de repartiment i els negatius es procedeix al formigonat de la capa de compressió.

Poden ser simplement armades o pretesades. L'espessor de la prelosa sol venir fixat per raons de recobriment d'armadures, manipulació i transport i, de vegades, per limitació de la distància entre sopandes. El cantell més típic és de 26 cm, amb un pes igual al de les clàssiques biguetes i caixetons a les que substitueix. Es sol fabricar amb amplex de 1.2m 0.6m i longituds autoportants de fins a 7m amb 22+5 de cantell, tot i que hi ha casos en els que es pot arribar a llums superiors. En el cas de les prelloses amb gelosia, es recomana que la distància lliure entre aquestes, no superi 20 vegades l'espessor de la llosa i que les distàncies entre gelosies extremes en els extrems laterals no excedeixi els 30 cm.



Figura 27.- Prellosa amb poliestirè en els alvèols

3.3.2.2. Aplicació

Els camps d'aplicació d'aquest tipus de lloses són similars als de la placa alveolar: recolzats sobre murs de càrrega en vivendes adossades, recolzats en taulers d'encofrat en jàsseres unidireccionals de vivendes d'altura, sobre estructura de jàsseres i pilars prefabricats en pàrkings i centres comercials.

L'obra consisteix en una estructura formada per pilars, biguetes d'acer i prelloses, de forma que el gruix d'unitats d'obra són prefabricades.

3.3.2.3. Posada en obra

Primer s'executa la pantalla, que en el cas de l'obra a la que fan referència les il·lustracions, es un mur pantalla de formigó armat. Seguidament s'inicia el procés d'excavació per fases amb dos nivells d'anclatges. Quant arribem a la cota màxima d'excavació s'executen les sabates. A partir d'elles arranquen els pilars d'acer, com veiem en la il·lustració següent.

Es col·loquen les jàsseres metàl·liques cargolades als pilars i quant ja tenim l'estructura metàl·lica col·loquem a sobre les prelloses. A sobre d'aquestes col·loquem panells de *porexpan*, l'armadura corresponent i ho formigonem. Posteriorment pugem pilars i construïm el següent nivell de forjat.



Figura 28.- Vista general d'un forjat amb prelloses

Els elements prefabricats estaran col·locats en el camió apilats uns sobre altres. Es descarreguen a la seva posició de càrrega amb els mitjans d'elevació previstos. S'agafarà cada prelosa des de quatre punts situats a 1/3 de la llum dels extrems, la connexió es farà en el nus més pròxim a la gelosia. L'angle màxim entre les eslingues i la vertical serà d'uns 30°.

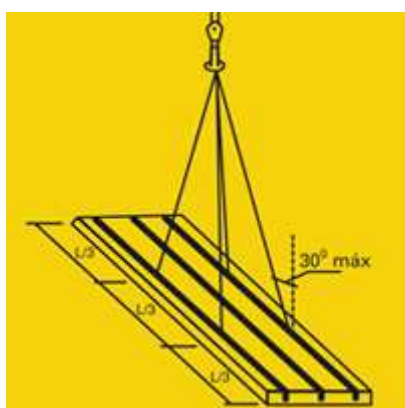


Figura 29.- Moviment i sustentació correcte d'una prelosa.[16]

S'aconsella muntar directament, evitant l'acopi en obra, però si això no es pot evitar, per a protegir l'aspecte i la qualitat de les peces. L'emmagatzemament de les peces ha de garantir l'estabilitat de les mateixes i s'ha de fer com s'indica en les següents il·lustracions.



Figura 30 i 31.- Descàrrega i aprovisionament de les prelloses a obra

El muntatge d'un forjat basat en prelloses consta de tres etapes:

- 1) En aquesta primera etapa es posiciona la prellosa en el seu lloc de col·locació. Les prelloses s'han de solapar cada certa distància segons es recull en les fitxes d'ús.
- 2) Disposició de les armadures. En aquest pas es col·loquen totes les armadures necessàries per al funcionament del forjat: pèls de connexió entre prellosa i Bigues de formigó, armadures de negatiu, mallàs de repartiment a la capa de compressió, armadura de les Bigues de formigó, etc.
- 3) Formigonat del forjat. En aquesta etapa s'emplenen de formigó els forats de l'estructura de poliestirè expandit així com 5 cm. per sobre de l'armadura que és de la capa de compressió. De la mateixa forma que es fa en qualsevol estructura de formigó és necessari vibrar-ho, perquè tota l'estructura treballi com una única peça.



Figura 32 i 33.- Ferrallat i formigonat d'un forjat.

3.3.2.4. Avantatges

El forjat de prellosa s'adapta especialment a edificis en els que es donen llums i/o càrregues importants, alleugerint considerablement el pes propi de l'estructura i reduint la quantia de formigó tirat en l'obra. Dintre d'aquesta tipologia d'edificis cap destacar: edificis docents (7,50 x 7,50 m), hospitals, oficines, entre plantes de naus industrials. Els avantatges més importants d'aquest tipus de placa són:

- Millora la contra fletxa, fent-la quasi inexistent
- Permet la utilització de grues torre estàndards d'obra
- Millora l'aïllament tèrmic gràcies al poliestirè
- Ofereix un bon repartiment de càrregues transversals i entrega un menor pes a les fonamentacions i murs
- Tenen una resistència al foc de 5 hores i sense necessitat de reforç
- Donen espai i lluminositat gràcies a les llargues distàncies sense pilars

NOTA : En el comparatiu de costos ens centrarem en la prellosa com a exemple de forjat prefabricat posant que ofereix unes característiques, avantatges i costos molt similars als de la llosa alveolar però a més, la prellosa ofereixen una major facilitat a l'hora de recolzar sobre la jàssera i formigonar per al seu treball conjunt. En el cas de la llosa alveolar, es pica la cara superior en la zona de recolzament per a foradar els alvèols i permetre que penetri el formigó mentre que en la prellosa, al tenir poliestirè expandit en la part superior no serà necessària aquesta operació.

3.3.3 Forjat metàl·lic (xapa col·laborant)

L'ús d'una placa de xapa col·laborant amb un acabat de formigó per sobre, data de 1938 als Estats Units. En aquest tipus de forjat s'usen plaques nervades d'acer com encofrat fix capaç de suportar el formigó vessat, l'armadura i les càrregues d'execució. Posteriorment les plaques d'acer es combinen estructuralment amb el formigó endurit i actuen com una part o la totalitat de l'armadura a tracció en el forjat acabat.

3.3.3.1. Característiques

Aquest tipus de forjat es compon d'una xapa col·laborant, armadura de positius i negatius, un mallàs i la capa de compressió.

La característica principal de la xapa com a base d'encofrats de lloses i forjats resideix en el seu caràcter "col·laborant". La tècnica consisteix en fer treballar conjuntament al formigó amb la xapa d'acer nervada que li serveix de suport; treballant aquesta última a tracció i el formigó a compressió.

L'acer de la xapa perfilada compleix la funció de suportar les càrregues del vessament durant la fase d'encofrat (pes propi de la xapa i el formigó) i de muntatge. Així com també substitueix a les armadures per a moments positius que es produeixen en la llosa.

Aquest tipus de forjat es pot posar sobre les corretges o sobre els murs de càrrega. Per a contenir el formigó en el cantell de la llosa es col·locarà un perfil d'acer

d'espessor 1,20 mm per a altures de llosa de 100 a 150 mm, o de 2 mm per a cantells superiors. L'ample de la xapa sol ser d'uns 82 cm i la longitud és variable depenent de les necessitats, veient-se només limitada per la seva possibilitat de transport i manipulació en obra (de 12-14m).



Figura 34.- Detalls de xapes metàl·liques

La capa de compressió sol ser de 3-5cm garantint una llosa continua i sense fissures. Els perfils metàl·lics que es posen en els forjats metàl·lics són bàsicament perfils I, L i xapes.

Limitació de deformació

Valen les imposades amb caràcter general per EFHE per als forjats de formigó, és a dir:

- Si el forjat sustenta o descansa, en elements no estructurals, tals com tàbics, particions o tancaments, la fletxa activa no sobrepassarà: $L/500$ ni $L/1000 + 0.5\text{cm}$
- Si el forjat no sustenta, ni descansa, en elements constructius diferents dels elements estructurals, la fletxa total no ha de superar: $L/250$ ni $L/500 + 1\text{cm}$

En les expressions anteriors L és la llum entre recolzaments i en el cas de voladís 1,6 cops el vol.

En la primera condició s'entén per fletxa activa, la produïda després de la col·locació dels tàbics, particions o tancaments.

3.3.3.2. Aplicació

És la solució més prefabricada que existeix, per tant, suposarà una bona alternativa per a construcció modulada d'hospitals, escoles, edificis d'oficines, i construcció residencial repetitiva.

Obra civil: passarel·les peatonals i petits ponts, cubrició de dipòsits i canals...

Edificis singulars i de gran altura per a donar solució a les exigències constructives que aquests puguin plantejar.



Figura 35 i 36.- Diferents tipus de jàsseres metàl·liques per a posterior col·locació de la xapa.

3.3.3.3. Posada en obra

La construcció d'aquest tipus de forjats, al tractar-se de biguetes auto resistents, segueix el ritme de la construcció de l'estructura metàl·lica general.

Per a la col·locació d'aquestes no és necessari entaular la superfície completa de la planta de la zona de forjat. Aquest tipus de forjats tenen un cost elevat però correspon a una solució d'especial interès per al cas en què es necessita suportar càrregues elevades amb un cantell reduït. El perfil més habitualment utilitzat és el I, però per a extrems, puntes de voladiu, es recorreix a d'altres perfils.

En unes quantes ocasions l'intereix de biguetes és major que l'usat en forjats de formigó, sobrepasant inclòs el metre. Això exigeix consideracions especials de l'espessor de llosa superior e inclòs de l'armadura transversal.



Figura 37 i 38.- Forjat metàl·lic en l'edifici corporatiu de Telefònica a la Roca del Vallès

3.3.3.4. Avantatges

La realització d'estructures mixtes d'acer - formigó ofereix moltes avantatges de caràcter estàtic i econòmic. L'estructura portant d'acer i la colada de formigó situada a sobre, connectades de mode apropiat mitjançant connectors, garantitzen una resposta estàtica unitària als dos materials diferents que, d'aquest mode, expressen al màxim les seves característiques individuals.

Els avantatges més significatius són:

- Rapidesa de muntatge.
- Permeten grans llums i càrregues amb una reduïda secció.
- No es tracta d'elements pesats tenint en compte la càrrega que admeten.
- No és necessari apuntalar, a excepció de forjats sotmesos a grans càrregues que rebran un apuntalament central.
- No fa falta armadura de positius.
- No hi ha que retirar el pla d'encofrat que és perdut.[13]

4.-Càlcul de l'Índex de Sostenibilitat Medi Ambiental

4.1 Introducció al programa MIVES

4.1.1 Metodologia MIVES

Existeix una gran varietat d'eines que s'han desenvolupat amb la finalitat d'establir mecanismes comuns per a dissenyar i avaluar construccions des del punt de vista de la sostenibilitat. Cadascuna d'elles té estructures que estan encaminades a una millora visible de les construccions i que poden ser la base o enfocament de noves metodologies emergents.

La selecció de la millor alternativa en el projecte d'un edifici industrial té un especial interès degut als beneficis que la mateixa pot significar. Aquesta selecció pot estar referida al sistema estructural, al tipus de cimentació, de tancament, etc. e implica la consideració d'una àmplia varietat de criteris que s'han de tenir en compte durant la fase de projecte.

Per identificar, estructurar i avaluar aquests criteris, existeixen metodologies, com la MIVES (Model Integrat de quantificació de Valor d'un projecte Sostenible), que permeten definir un valor per a diferents alternatives de tal manera que es pugui elegir la millor entre elles. En el cas de l'aplicació a edificis industrials, la utilització d'aquesta metodologia busca identificar la que resulta tenir un major valor, tenint en compte per a això, els seus paràmetres de sostenibilitat.

La metodologia MIVES estructura el procés de decisió mitjançant tres eixos: l'eix de requeriments, l'eix de components i l'eix de cicle de vida, els quals emmarquen els límits del sistema que es pretén abordar. L'eix de requeriments s'estructura en tres nivells corresponents a requeriments específics, criteris, e indicadors. A més, és necessari definir una funció de valor per a cadascun dels indicadors de l'arbre de requeriments. Finalment, s'han d'establir uns pesos per a cadascun dels elements dels tres eixos indicats que permeten obtenir el valor de cada alternativa i definir la millor d'elles.

La metodologia es defineix a partir d'un procés de presa de decisions, el qual s'emmarca en 4 etapes:

Anàlisi. Defineix les condicions de contorn i les circumstàncies que incideixen en la presa de decisions. L'anàlisi s'estructura com hem comentat abans en tres eixos:

Eix de requeriments: representa les característiques a representar en la presa de decisions.

Eix de components: representa la forma de dividir la unitat.

Eix de cicle de vida: correspon a la vessant temporal del projecte.

Creativitat. Es defineixen les alternatives que permeten donar solució a la decisió.

Avaluació. L'objectiu és obtenir la qualificació de les alternatives i en base als resultats, seleccionar la millor d'elles, per fer-ho existeixen 5 passos:

- Ponderació d'indicadors, criteris i requeriments.

- Medició del funcionament de les alternatives respecte a un indicador i a un marc de referència.
- Construcció de la funció de valor.
- Càlcul del valor de les alternatives.
- Càlcul de l'alternativa òptima.

Control. Correspon a l'última fase del procés i es centra en verificar tots els aspectes que s'han dut a terme, aquest control es realitza en cadascuna de les 3 etapes anteriors i abans de passar a la següent.

4.1.2 Aplicació del programa MIVES (versió Juliol 2008)

La metodologia d'avaluació utilitzada en l'Annex de la Instrucció de Formigó relatiu a l'índex de sensibilitat medi ambiental aplicat als projectes d'estructures de formigó permet obtenir un valor numèric representatiu del grau de sostenibilitat de noves estructures de formigó respecte als requisits medi ambientals.

L'obtenció d'aquest valor denominat ICES requereix dos etapes. La primera d'elles es centra en la definició del model d'avaluació necessari per a analitzar el cas concret considerat. En una segona, aquest model utilitza elements matemàtics de la teoria general de presa de decisions mitjançant un anàlisi multi criteri.

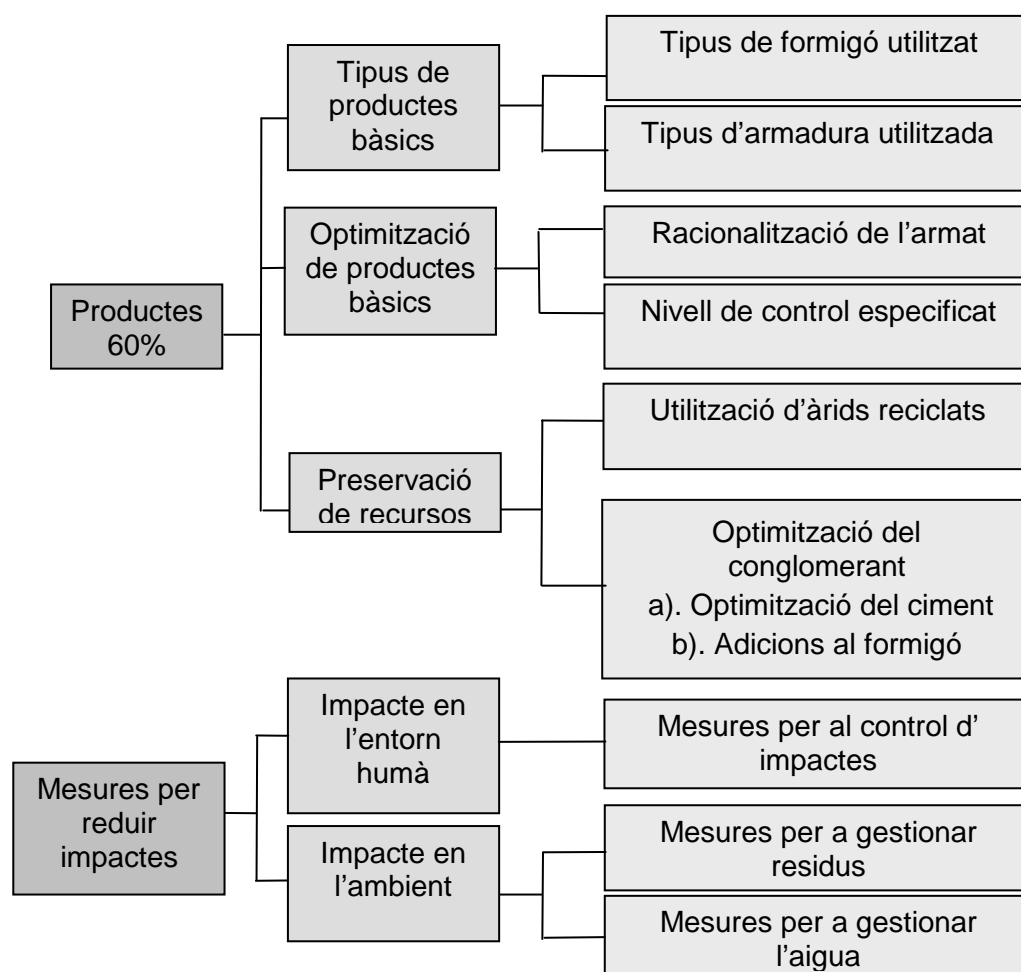


Figura 39.- Arbre de requeriments per a la mesura de l'índex de sensibilitat medi ambiental.

Per a avaluar l'índex de sensibilitat medi ambiental del projecte de cada estructura de formigó, haurà de desenvolupar-se l'arbre tipus de requeriments [8], criteris e indicadors, en el que en cada indicador s'inclouen les estratègies a tenir en compte en l'avaluació i les funcions de valor a aplicar als mateixos.

D'acord amb els resultats obtinguts en l'aplicació d'aquest model, pot realitzar-se un estudi comparatiu de varies opcions que permeten obtenir conclusions relatives a la millora de la sostenibilitat medi ambiental en els projectes constructius d'estructures de formigó, així com l'obtenció de possibles combinacions òptimes de dissenys.

Des del punt de vista de la implantació pràctica es proposen dues etapes de càlcul de l'índex de sensibilitat medi ambiental que són l'etapa de projecte i l'etapa corresponent al final d'obra.

Podem dir que en general una estructura té major valor a efectes de sostenibilitat quan compatibilitza les seves exigències resistents i de durabilitat amb la optimització de les seves medicions, l'extensió de vida útil l'ús de ciments que incorporin subproductes industrials, utilitzar àrids i aigua reciclats, així com utilitzar productes que estiguin en possessió de distintius de qualitat oficialment reconeguts.

L'avaluació del nivell sostenible de l'estructura de formigó plantejada és una predicció sobre la forma en que la materialització de la mateixa repercutirà sobre el medi ambient. Associat a cada un dels nivells jeràrquics de l'arbre existirà un procés de valoració mitjançant l'aplicació d'una funció de valor additiva. Aquest procés permetrà l'assignació d'un valor de sostenibilitat a cada nivell de jerarquia en una escala de valor concreta.

Una vegada coneguts els mecanismes de resolució que aborda l'annex 13 de la Instrucció de formigó 2008, sobre la base de la teoria d'anàlisi multi criteri. Tots aquests processos es van automatitzar, per a poder fer de forma més àgil i segura l'aplicació a casos reals. Es parteix de que ja es suposa analitzada l'estructura de formigó armat de forma que ja la coneixem i també sabem els continguts de l'arbre de requeriments, el que es necessita per tant és integrar-ho en un àmbit més amigable.

Aquesta és la pantalla principal que apareix en iniciar-se l'aplicació, com es pot comprovar, té un format molt simple amb un desglossament on observem la influència en l'ICES de cada paràmetre, de cada indicador.

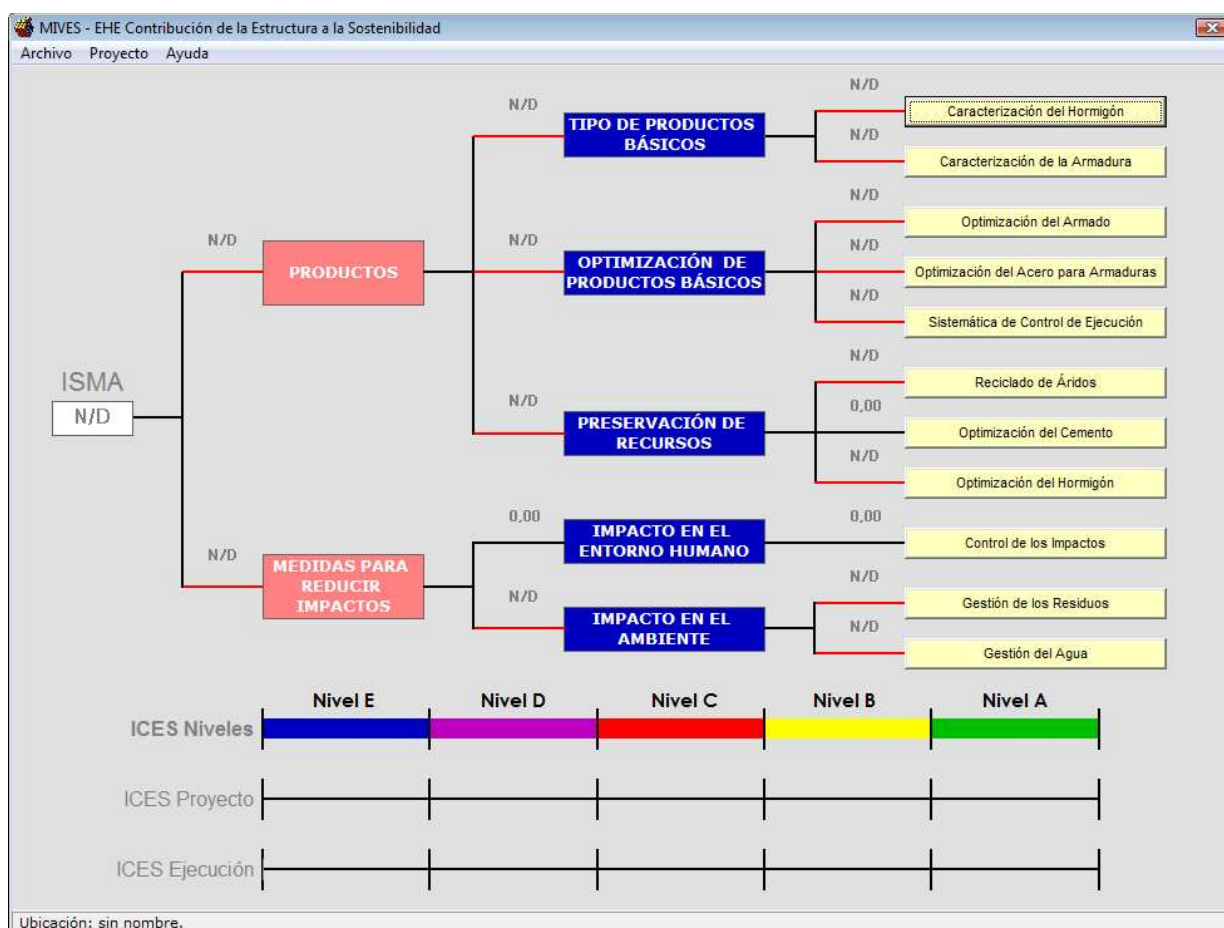


Figura 40.- Pantalla d'inici del programa MIVES

Aquest programa ha estat desenvolupat pel grup de treball MIVES II, és una eina informàtica d'àmplies capacitats i prestacions que es divideix en cinc seccions:

- **Dades d'entrada:** en ella es guarda la informació general, referent a l'estructura com, la localització, el tipus d'edificació, m^2 , vida útil, o el grau de contribució social, etc.
- **Definició de l'envergadura:** es defineixen els requeriments, els components i les etapes del cycle de vida a desenvolupar. A partir d'aquesta secció s'estructuren i es fixen els objectius finals.
- **Definició de l'arbre de requeriments:** s'estableixen els criteris i indicadors que corresponen a rames inferiors de l'arbre de requeriments, és a nivell de subcriteris.
- **Avaluació:** l'objectiu és la de quantificar cadascuna de les alternatives. Aquesta es realitza a través de les funcions de valor, les ponderacions i l'assignació de valors de referència.
- **Resultats:** s'obtenen a partir d'un càlcul òptim i es corroboren mitjançant un anàlisi de sensibilitat. A continuació es pot extreure en un format informe per imprimir.

Aquest programa presenta algunes restriccions d'ús que s'han de tenir en compte:

- Degut a la varietat d'edificacions possibles, s'ha orientat cap a obres d'edificació i d'enginyeria civil.
- La comparació de dues solucions edificatòries només podrà fer-se com una assignació amb pesos idèntics.
- Aquest programa permet veure de forma senzilla, la influència en l'ICES de cada paràmetre de cadascun dels indicadors.
- Les dades necessàries per a calcular els diferents indicadors, en obra i en projecte, així com els documents del projecte es presenten a continuació.

INDICADORES	DATOS NECESARIOS	DOCUMENTOS DEL PROYECTO
Tipo de hormigón empleado	m ³ hormigón % hormigón preparado en central de obra y colocado "in situ" % hormigón preparado en central externa y colocado in "situ" % elementos prefabricados, transportados y colocados Compromiso ambiental de las empresas encargadas de la manipulación y colocación del hormigón	Presupuesto Planos
Tipo de armadura empleada	Peso total de acero colocado (en t) % de armadura tipo utilizada con respecto al total Compromiso ambiental del suministrador del producto (ferralla) y de la empresa constructora	Presupuesto Planos Pliego de condiciones técnicas
Racionalización del armado	Existencia armadura activa % de losas >6x6 m con mallazo soldado Método de unión de las barras % de armado adaptado a UNE 36831:97	Memoria Presupuesto Planos
Nivel de control especificado	Sistema de calidad propio y certificado de calidad de ejecución de la empresa constructora. Sistema de certificación voluntario de la ferralla	Memoria Presupuesto Planos Pliego de condiciones técnicas
Utilización áridos reciclados	m ³ hormigón (separando en la parte suministrada por central de hormigonado y a través de elementos prefabricados) % áridos gruesos reciclados en el hormigón suministrado por central y en los elementos prefabricados	Presupuesto Pliego de condiciones técnicas
Optimización del conglomerante a) Optimización del cemento b) Adiciones al hormigón	Cantidad (kg) total de cemento Cantidad mínima de cemento que se especifica en la EHE Certificaciones del producto y de la producción % de adiciones Cantidad total (m ³) hormigón Cantidad (m ³) de cada tipo de hormigón	Presupuesto Planos Pliego de condiciones técnicas
Medidas para control de impactos	Estrategias para el control de impactos	Presupuesto Pliego condiciones Anejo Memoria
Medidas para gestionar residuos	% de arenas y material de excavación que se reciclan % de RCD que se reciclan Nº de probetas cúbicas y totales	Presupuesto Pliego de condiciones técnicas Anejo Memoria
Medidas para gestionar el agua	Estrategias para la gestión del agua	Presupuesto Pliego de condiciones técnicas Anejo Memoria

Figura 41.- Dades necessàries per al càlcul dels indicadors[6]

Per a valorar la sensibilitat medi ambiental s'ha de complir que les mesures a avaluar es recullin en els diferents documents de projecte, i que estan valorats econòmicament en el pressupost, per a que d'alguna forma es puguin justificar les puntuacions obtingudes. Sens dubte, a dia d'avui, quan el projectista elabora els diferents documents no sol incorporar moltes de les estratègies que podrien ser puntuables ja per desconexença o bé per que no ho consideren oportú.

4.2 Entrada de dades al programa

En aquest apartat es prepara i es tracta la informació que es precisa per calcular l'índex de sensibilitat ambiental. La informació necessària són aspectes com l'estalvi i el reciclat de matèries primeres, la incorporació de sistemes per reduir la contaminació i el fet que les empreses que realitzen l'obra tinguin certificats medi ambientals com la ISO 14001, compromisos ambientals o d'altres similars com la EMAS. Aquest programa és una eina molt útil i ràpida per al càlcul de l'Índex, tot i que es pot millorar i precisar la que ja hi ha. Em refereixo per exemple en demanar a un producte la ISO 14001, quan aquest és un certificat ambiental que s'otorga a empreses.[17]

En primer lloc s'ha realitzat una llista amb la informació que precisa el programa MIVES per poder calcular l'Índex de Sensibilitat. D'aquesta informació la relativa a la empresa constructora és bastant fàcil d'obtenir, però la relativa a les subcontractistes ja no ho és. Sovint s'han de perseguir o bé retenir alguna factura sense pagar perquè aquesta és l'única forma de bescanvi.

En segon lloc existeixen altres dades com ja hem comentat a l'apartat anterior que es troben en la memòria i en el plec de condicions i també d'altra que la trobarem a la normativa EHE.

Dades generals de projecte
Nom del projecte
Data avaluació del projecte
Versió del projecte
Localització de l'obra
Grau de contribució social del projecte
Constructor aplica ús de materials I+D+I en els últims 3 anys
30% personal ha tingut formació de Q i MA
Adopten mesures voluntàries addicionals de seguretat i salut
Existència de pàgina web que informa de l'obra
Estructura incluída en una obra
Vida útil del projecte
Vida estimada de projecte (anys)
Escollir opció de estructura
Caracterització del formigó
Tipus de formigó (% formigó preparat, % formigó prefabricat)

Distància de transport del formigó preparat
Distintiu MA del formigó preparat
Distància de transport del formigó prefabricat
Distintiu MA del formigó prefabricat
Empresa amb distintiu MA
Caracterització de les armadures
Tipus de ferralla
Distància de transport
Distància de transport de l'armadura preparada
Distintiu MA de l'armadura preparada
Distància de transport de ferralla en formigó prefabricat
Distintiu MA de ferralla en formigó prefabricat
Empresa amb distintiu MA
Optimització de l'armat
Formigó pretensat o armat
Sistema d'unió i muntatge
Armadura activa
% lloses malla electrosoldada
% armadures elaborades
Optimització de l'acer per a armadures
% d'acer en possessió de distintiu de qualitat desconegut
L'acer posseeix un certificat de qualitat o segueix una norma ISO 14001
Acredita certificat de que l'acer procedeix el 80% de la xatarra
Acredita certificat que l'acer compleix les exigències del protocol de Kyoto
Reciclat d'àrids
Percentatge d'àrid reciclat entre un 0 i 20%
Optimització del Conglomerant
Classes de ciment usats a l'obra
Quantitats de formigó s/classe
Certificats ambiental del ciment
Adicions del ciment superiors al 20%
Compleix el protocol de Kyoto
Ús de matèries primes que minimitzen les emissions de CO2
Control dels impactes ambientals

Ús d'aspersors i reg per evitar la pols
Pavimentació dels accessos
Ús de lones impermeables per resguardar el material
Utilització de dispositius o productes químics per evitar la pols
Gestió dels residus
Enviament de productes d'excavació a abocador o a reciclatge
Gestió dels recursos de demolició a abocador o a reciclatge
Formigó amb distintiu de qualitat
Gestió de l'aigua en obra
Tècniques de curat eficient en el projecte i estalvi d'aigua
Disposició d'elements per reduir el consum d'aigua
Disposició d'elements per contenir l'aigua de pluja

Taula 3.- Taula de recopilació d'informació del programa MIVES.

Totes aquestes dades s'han de demanar als subcontractistes i la informació la podrem trobar en l'Annex número 2.

4.3 Sortida de resultats

Una vegada recopilades totes les dades que necessitàvem per poder calcular l'Índex de Sensibilitat Ambiental, es procedeix al càlcul per a les diferents tipologies i finalment es recullen totes les dades de sortida del programa i es procedeix a fer un anàlisi dels resultats tipologia per tipologia, ja es té en compte que el programa té algunes mancances i que pot no donar-nos els resultats que esperem.

Tipologia estructural	ISMA	ICES projecte	ICES execució
Llosa massissa amb pilars de formigó	0.59	0.78	0.86
Llosa massissa amb pilars metàl·lics	0.6	0.79	0.87
Forjat reticular amb pilars de formigó	0.6	0.79	0.87
Forjat reticular amb pilars metàl·lics	0.62	0.81	0.89
Forjat amb prelloses i pilars de	0.6	0.79	0.87

formigó			
Forjat amb prelloses i pilars metàl·lics	0.62	0.82	0.9
Xapa col·laborant i pilars metàl·lics	0.62	0.81	0.89

Taula 4.- Taula de recollida resultats del programa MIVES

En segon lloc tenim la llosa massissa amb pilars metàl·lics, el forjat reticular amb pilars de formigó i el forjat de prelloses amb pilars de formigó, aquests són els que tenen una puntuació exactament igual en els tres Índex, aquest fet em genera certs dubtes en la capacitat que té el programa de donar uns bons resultats. No té sentit que el forjat de llosa massissa i el forjat reticular canviant els pilars tinguin el mateix valor, aquí es pot observar que la quantitat de material total usada no és té en compte per al càlcul sinó dos tipologies tant diferents en quantitats com poden ser un forjat reticular i un de massís hagueren tingut valors més dispars.

El valor màxim s'obté per a prelloses i pilar d'acer que tot i empatar amb l'ISMA amb d'altres tipologies difereix a l'alça amb l'ICES de projecte i d'execució, podem veure que aquest fet es deu a que en la tipologia de prellosa el fet que el formigó sigui prefabricat té més puntuació que preparat, això té la seva lògica en el fet que en prefabricat es poden reduir els residus com fusta d'encofrats i ferralla, a part de les quantitats ja que es recicla.

Pel que fa a la solució de pilar metàl·lic o pilar de formigó s'observa que en qualsevol de les tipologies el pilar metàl·lic és millor que el de formigó ja que sempre aconsegueix valors inferiors. Segons això podem concloure, que per a tots els casos que sigui possible és sempre millor ambientalment una solució amb pilar d'acer que amb formigó.

La llosa massissa amb pilars de formigó és la que té el valor de l'ISMA més petit, això significa que és la menys sostenible ambientalment. Això és degut a que el ciment que s'utilitza no conté cendres volants ni fums de silici.

En general per a totes les tipologies no s'usa fum de silici ja que és un material molt car i no en surt rentable el seu ús. Aquest fet podria augmentar en 5 punts el valor final de l'ISMA.

En general les plantes que realitzen el formigó no utilitzen l'àrid reciclat, només que se'n recicla un 20% l'ISMA milloraria en 10 punts. Aquesta és de les mesures que més es valora i que actualment no s'està realitzant ja que surt més a compte portar-lo de les canteres.

4.4 Milllores en el càlcul de l'ISMA

Abans de parlar de quines són les mancances o millores del programa, aquestes les podríem dividir entre:

- Mancances del projecte quan el programa ens està demanant una informació que no podem trobar en el projecte.
- Mancances del programa quan s'observa que amb alguns petits canvis o millores el resultat que ens proporcionaria es podria millorar sensiblement.

Mancances en el projecte:

En la memòria de la majoria de projectes, no hi consta la vida útil de l'obra, en aquest cas per aconseguir-ho s'ha hagut d'estimar a partir de la taula 5.1 que hi ha a la EHE [3] aquesta fa una generalització a 50 anys que em sembla poc, tan per a l'edifici comercial del Portal de l'Àngel com per a les vivendes de Gandia.

El pla de gestió de residus que està regulat segons el Reial Decret 105/2008, d'1 de febrer. podria ajudar a calcular quin percentatge de residus i de terres es té previsió de reciclar. Això està contemplat en el penúltim apartat del programa MIVES, però no ho està pas en el projecte, i he hagut de calcular-ho a partir de parlar amb el cap d'obra que la portarà.

La falta de sensibilitat ambiental que encara existeix en la realització de projectes, fa que molts no incorporin mesures suficients per al controls dels impactes ambientals i que només es faci en certs projectes que per pressions externes es veuen obligats a realitzar-ho. Alguns exemples d'aquestes mesures podrien ser: dispositius per a la retenció del pols, dispositius per l'estalvi de l'aigua de pluja, ús d'energies renovables (plaques solars, acumuladors o molins de vent), reutilització de materials en la pròpia obra.

Mancances del programa:

Aquest programa no resol totes les situacions d'obres que hi ha actualment, s'hauria de posar al dia ja que només avarca projectes d'edificació. En les dades del projecte s'haurien de concretar les mesures perquè no poden ser les mateixes en projecte que en execució. A més haurien d'introduir-ne més com ara el valor afegit de l'obra per a la societat o bé les afectacions i les molèsties que li genera a la societat per exemple el tall d'un carrer.

En els productes bàsics només es té en compte el ferro i el formigó però existeixen moltes obres on que aquest és el producte minoritari, com poden ser obres de restauració d'edificis, obres marítimes (espigons), o obres urbanístiques (moviment de terres i serveis), i per tant en aquestes no es pot calcular l'ISMA.

En la caracterització de l'armadura i en la del formigó, cal introduir la distància en km des de la planta fins a l'obra però resulta que aquest no té cap efecte ja que el valor no varia, siguin 2 o 10000 km, crec que s'hauria de calcular una mitja amb els radis d'influència de cada planta a cada obra i puntuar a partir d'això, perquè és important.

En l'apartat d'optimització de l'acer per a armadures la primera opció, no té sentit perquè està barrejant coses tant diferents com són el compliment de la norma ISO 14001 per a una empresa, el certificat de qualitat atorgat a un producte, o el compliment de les exigències del protocol de Kyoto, hauria de ser com a l'apartat d'optimització del ciment que està clarament separat la certificació ambiental d'un procés amb la certificació de qualitat d'un producte.

L'apartat d'optimització del formigó tenim el percentatge en pes de cendres volants i de fum de sílice i si el nostre formigó no en té o és inferior a 12, el programa automàticament posa un 0, cosa que no em sembla lògica.

En l'apartat de control d'impactes, s'ha de valorar la puntuació que se li dona a un aspecte en la mesura que aquesta es pugui aplicar, per exemple, no té sentit l'aplicació de pantalles o dispositius de retenció de pols si estàs a una obra en un terreny erm, ja que tindràs quasi més pols de l'exterior que la que generis a dintre.

Si mirem l'apartat de gestió de residus, es fa referència a l'Annex 23 de la normativa EHE, és incorrecte ja que en aquest annex parla sobre la preparació de mostres d'acer procedents de rotllos i hauria de ser l'Annex 22.

Tampoc puntua mesures com la gestió de vessaments produïts al medi, o l'afectació d'aqüífers, que són temes de caire més ambiental.

En algunes obres s'hauria de poder contemplar mesures com el tractament de fibrociment, ja que té una importància rellevant per ser un material perillós.

Una altra mesura que interessaria és la d'accentuar una mica més els valors treu el programa quan s'està fent una comparació. Aquesta modificació es basaria en fer una simple ponderació, s'agafa el valor més baix que tenim i se li posa un 0 i al valor més alt possible que pot sortir del programa se li posa un 1.

Totes aquestes reflexions que hem fet sobre els resultats, venen lligades a la situació específica dels industrials i de les obres que s'estan executant. Sens dubte la puntuació està en funció del producte i de l'industrial que es contracti, per tant això també ens indica que cada una de les tipologies que hem estudiat no estan lligades a una puntuació, sinó que depèn també de la metodologia en la construcció i dels certificats de qualitat i medi ambient que posseeixi tant l'empresa que l'executa com la que subcontracta.

Seria interessant que en un futur totes les empreses que hi hagi en el sector realitzin esforços per obtenir la màxima puntuació amb els certificats que facin falta i els materials més adients no només per l'obra sinó també per al medi ambient i la societat que ens envolta això ha d'ajudar a ser més competitiu.

Tots aquests suggeriments no són una aposta per la innovació i per la millora en les tècniques constructives que s'estan duent a terme actualment.

En l'etapa de projecte la propietat decidirà quin valor de l'ISMA vol per a la seva estructura i llavors la constructora serà la que farà els esforços per tal d'aconseguir un valor igual o superior.

5. Anàlisi Global

5.1. Introducció

En aquest cinquè apartat centrarem la nostra atenció en comparar les diverses tipologies de forjats en tots els nivells l'econòmic, el social i l'ambiental, i també en descriurem els procediments d'anàlisi utilitzats en cada cas.

S'ha procurat procedir amb el màxim rigor i coherència possible; en molts casos, s'han fet servir procediments utilitzats actualment en el camp de la construcció. I per avaluar aspectes poc reglats s'ha optat per emprar dades reals com a referència a fi efecte d'obtenir resultats raonables.

Per realitzar l'estudi ens basem en les tipologies ja desenvolupades. Com hem aclarit anteriorment, descartem la placa "Farlap" per aquesta comparativa; tot i que és una opció molt interessant i molt adequada per a determinats casos, el seu ús encara no està massa extens i la seva aplicació no avarca la mateixa dimensió que la resta de tipologies.

En el comparatiu de costos ens centrarem en la prellosa com a exemple de forjat prefabricat posant que ofereix unes característiques, avantatges i costos molt similars als de la llosa alveolar però a més, la prellosa ofereixen una major facilitat a l'hora de recolzar sobre la jàssera i formigonar per al seu treball conjunt. En el cas de la llosa alveolar, es pica la cara superior en la zona de recolzament per a foradar els alvèols i permetre que penetri el formigó mentre que en la prellosa, al tenir poliestirè expandit en la part superior no serà necessària aquesta operació.

Finalment també hem descartat el forjat posttesat ja que estem parlant d'una tipologia estructural que no té gaire a veure, per al tipus d'estructura que estem estudiant. Aquí es parlen de forjats d'una llum aproximada de 7 m., el posttesat es fa servir per a llums a partir dels 10 m, aquestes són estructures més diàfanes i no corresponen a l'àmbit que estem estudiant.

A continuació es mostren les 7 alternatives que formaran la base del nostre estudi, resultat de combinar els diferents forjats que acabem de comentar amb les possibles opcions de pilars. Els hi hem assignat un valor numèric de cara a poder-los diferenciar en les gràfiques:

- 1 Forjat reticular + pilars formigó
- 2 Forjat reticular + pilars acer
- 3 Llosa massissa + pilars formigó
- 4 Llosa massissa + pilars acer
- 5 Prellosa + pilars formigó
- 6 Prellosa + pilars acer
- 7 Xapa col·laborant + pilars acer

Per a realitzar l'anàlisi, hem decidit utilitzar les dades concretes de dos obres escollides amb característiques diferents, com ja hem mencionat anteriorment, a continuació es descriuen breument:

Construcció d'un edifici comercial ubicat a l'Avinguda Portal de l'Àngel 11-13 de Barcelona. Al tractar-se del casc antic de la ciutat, la planta de l'edifici es irregular y te edificis al voltant del seu perímetre (veure plànols annexes).

Construcció d'edificis de vivendes situats a la localitat de Gandía (Valencia) les plantes dels quals són simples i mantenen regularitat de formes (veure plànols annexes).

Més endavant desenvoluparem amb major detall les característiques de les dues obres.

Com que ens centrem en la part de construcció de l'estructura i no ens ocupem de la resta de fases de l'obra, només podem fer una estimació exacta del temps real que duraria l'obra. D'aquesta manera, els resultats han de valorar-se qualitativament i no quantitativament.

Pel que fa al termini, hem tingut molt en compte les diferències que suposa el realitzar forjats in situ i forjats prefabricats.

- Els forjats in situ, porten major volum de treball en obra i la seva duració mitja s'estima en uns 15 dies per planta si els pilars són de formigó i contem 3 dies menys per planta si els pilars són d'acer.
- Els forjats prefabricats ofereixen una major rapidesa de col·locació en obra. Contem que serà necessària una setmana (5 dies laborables) per planta per a tots els tipus de forjats, tant plaques de formigó com forjat metàl·lic, i independentment de si els pilars són prefabricats de formigó o metàl·lics.

És obvi que si es mira en quant a cost i necessitats d'adequació al tipus d'obra, escollim els forjats prefabricats. Aquesta millora es més acusada en l'obra de Gandía, on tenim major nombre de plantes, amb una geometria més lineal, el que permet augmentar la rapidesa de col·locació respecte a l'obra de cines París, que té menor nombre de plantes però una geometria més irregular.

A continuació podem veure la taula on es reflexen els terminis que hem calculat:

Plaços Cines París	Setmanes	Mesos
<i>Forjat reticular + pilars formigó</i>	20	5
<i>Forjat reticular + pilars acer</i>	19	4,75
<i>Llosa massissa + pilars formigó</i>	20	5
<i>Llosa massissa + pilars acer</i>	19	4,75
<i>Prellosa + pilars formigó</i>	8	2
<i>Prellosa + pilars acer</i>	8	2
<i>Xapa colaborant + pilars acer</i>	8	2

Taula 5.- Plaços d'execució d'estructura en setmanes i mesos obra cines París

Plaços Vivendes Gandía	Setmanes	Mesos
Forjat reticular + pilars formigó	28	7
Forjat reticular + pilars acer	26	6,5
Llosa massissa + pilars formigó	28	7
Llosa massissa + pilars acer	26	6,5
Prellosa + pilars formigó	12	3
Prellosa + pilars acer	12	3
Xapa col·laborant + pilars acer	12	3

Taula 6.- Plaços d'execució d'estructura en setmanes i mesos vivendes Gandia

5.2. Mètode d'anàlisi

Finalment, donarem forma a la nostra comparativa, aplicant tot l'exposat anteriorment sobre els diversos tipus de forjats, a uns criteris concrets que ens permetran més endavant realitzar un anàlisi multi criteri per extreure'n conclusions.

REQUERIMIENTS	CRITERIS	INDICADORS
Econòmics	<ul style="list-style-type: none"> - Cost directe - Cost indirecte (temps) - Cost indirecte (financer) 	€/m ² €/m ² €/m ²
Socials	<ul style="list-style-type: none"> - Seguretat - Molèsties a usuaris 	Atributs Atributs
Ambientals	<ul style="list-style-type: none"> - Consum matèries primes - Consum energia - Pla de residus 	T/m2 €/ m2 m3/m2 obra

Taula 7.- Criteris a valorar amb els indicadors pertinents.

A continuació anem a descriure de cadascun dels requeriments que volem valorar, els criteris que pretenem estudiar i els indicadors ,.

El criteri econòmic, parlem dels requisits que bàsicament es tenen en compte quan es realitza l'estudi d'una obra, primerament, el cost directe que és el valor que treiem a partir dels amidaments i dels preus unitaris. Tenim el cost dels indirectes, aquestes són les despeses fixes que hi ha a l'obra, encara que no s'estigui produint, és el fet de tenir una estructura de treball preparada, en aquí es contarà el lloguer de les casetes d'obra, el mobiliari de les casetes i el sou de la gent que hi ha per a aquella amb el % de repercussió que tingui cadascun.

Existeixen també els indirectes financers, que resulten de les despeses generades d'haver de disposar d'uns diners que encara no tens, i que has d'avançar per poder començar l'obra abans de cobrar la primera certificació.

En els requeriments socials es tenen en compte, aspectes com la seguretat a obra, i es fa una valoració subjectiva de cadascun dels forjats, segons les activitats que es desenvolupen i el risc que es corre al realitzar-les. Les molèsties als usuaris tenen en compte aspectes que poden afectar als vianants, veïns o comerciants de la zona on s'executarà l'obra.

Parlarem dels requisits ambientals i els aspectes més importants són el consum de matèries primes, el consum d'energia, i el pla de residus. En aquest apartat també s'inclourà els resultats obtinguts de calcular l'ISMA, aquest càlcul tindrà un pes bastant important dintre d'aquest apartat.

El següent pas serà realitzar una qualificació, on es calculen uns pesos i realitzem una valoració numèrica de cada part. El més important de tot és poder fer una valoració global i posar uns valors que ens ajudin a decidir segons el criteri d'estudi entre les diferents tipologies constructives que podem tenir en una construcció.

5.3-Valoració econòmica

5.3.1. Costos econòmics

És un dels factors més importants i determinants, no s'ha de prendre com a factor decisiu sense abans haver fet una valoració global, ja que té una repercussió directa sobre els beneficis que aportarà a la realització de l'obra.

Per poder estimar aquests costos, hem agafat uns valors mitjos, orientatius, basant-nos en els actuals del mercat, però que podrien variar lleugerament si mirem una empresa en particular o si hi hagués algun canvi de tarifes en la matèria prima o en la mà d'obra.

Seguidament es mostra la taula de preus que hem considerat per a realitzar la nostra estimació de costos.

TAULA DE PREUS	Obra Cines París	Obra Gandía
Formigó HA-30 (euros/m3)	75	75
Formigó HA-30 bomba (euros/m3)	85	83
Encofrat pilars (euros/m3)	350	350
Formigó capa compressió (euros/m3)	75	75
Acer B500S (euro/kg)	1	1
Acer perfils S275 (euros/kg)	1,9	1,8
Mallàs (euros/m2)	3,3	3,3
Encofrat pla (euros/m2)	22	22

Encofrat caixetons (euros/m ²)	30	30
Formigó autocompactable pilars (euros/m ³)	100	120
Pilars prefabricats (euros/m)	150	150
Jàsseres prefabricades (euros/m)	250	250
Prellosa (euros/m ²)	43	35
Xapa col·laborant (euros/m ²)	15	15
Conectors (euros/unitat)	4	4

Taula 8.- Preus base de les partides (obtinguts de dades internes de Proinsa)

A partir dels preus que tenim en la taula anterior, hem realitzat un pressupost aproximat dels diferents tipus de forjats que estudiem. Finalment aquí tenim els resultats que hem obtingut:

Cost directe (€/m²)	Obra Cines París	Obra Gandía
Forjat reticular + pilars formigó	91,72	86,32
Forjat reticular + pilars acer	99,01	94,14
Llosa massissa + pilars formigó	96,47	91,07
Llosa massissa + pilars acer	103,76	98,89
Prellosa + pilars formigó	139,20	122,37
Prellosa + pilars acer	132,58	110,79
Xapa col·laborant + pilars acer	138,73	123,08

Taula 9.- Costos directes de l'estructura basat en els preus de la Taula anterior.

Hem de comentar que si només es consideren els costos directes i s'observa que:

1. L'opció més barata per a l'obra de Cines París és la d'utilitzar forjat reticular amb pilars de formigó.
2. L'opció més barata per a l'obra de Gandia també és utilitzar forjat reticular amb pilars de formigó, ja es preveia que els resultats serien semblant, només varien els valors ja que les tendències són les mateixes.
3. L'opció més cara per a l'obra de Cines París és utilitzar prellosa amb pilars de formigó.
4. L'opció més cara per a l'obra de Gandia és utilitzar prellosa amb pilars de formigó.
5. L'obra de Gandia és més barata que la de Cines París per a totes les opcions, fet que concorda amb la seva condició d'obra més prefabricada i de preus més econòmics

6. En les dues obres, les opcions prefabricades suposen un major cost que les opcions in situ (pel valor del sòl que considerem)
7. Dins de les opcions in situ, és més econòmic el forjat reticular que la llosa massissa.

Els costos indirectes estan directament relacionats amb el termini, sent per tant més acusat en els forjats in situ. També hi haurà un altre tipus de factors, com el personal, la maquinària indirecta, les instal·lacions generals i la càrrega financera, que formaran part dels costos indirectes i que es veuran incrementats amb el termini.

Acabar l'obra abans, és més rentable per a l'empresa. Així, les opcions de llosa massissa i reticular, tot i tenir menys costos directes a priori, tindran un tant per cent d'indirectes més acusat. Per a poder fer una estimació real, agafarem l'exemple concret de l'obra de cines París i veurem allí el percentatge de costos indirectes, la seva repercussió en el pressupost total de l'obra i com millora o empitjora al variar el termini quan s'utilitzen els diferents tipus de forjats.

Suposem que l'augment de cost indirecte és nul per als forjats prefabricats i a partir d'aquí sumem el cost indirecte afegit que suposa utilitzar les opcions in situ, proporcionalment al seu augment de termini.

Cost indirecte mensual total obra (€/m2)	Obra Cines París	Obra Gandía
Forjat reticular + pilars formigó	24,79	39,28
Forjat reticular + pilars acer	22,72	34,37
Llosa massissa + pilars formigó	24,79	39,28
Llosa massissa + pilars acer	22,72	34,37
Prellosa + pilars formigó	0,00	0,00
Prellosa + pilars acer	0,00	0,00
Xapa col·laborant + pilars acer	0,00	0,00

Taula 10.- Cost indirecte de cada obra.

Nota: per calcular els costos indirectes mensuals, no hem tingut en compte els fixos de l'obra que només es paguen una vegada, ja que en tots els casos seran els mateixos i no estaran condicionats al termini.

També hem tingut en compte, l'augment d'indirectes per financers. Aquest és el cost que suposarà l'haver de pagar durant més temps els interessos financers que genera la inversió inicial, la qual estimem en uns 1000 euros/m² de valor mig.

Cost financer total obra (euros per m2)	Obra Cines París	Obra Gandía
Forjat reticular + pilars formigó	8,75	11,67
Forjat reticular + pilars acer	8,02	10,21
Llosa massissa + pilars formigó	8,75	11,67
Llosa massissa + pilars acer	8,02	10,21

Prellosa + pilars formigó	0,00	0,00
Prellosa + pilars acer	0,00	0,00
Xapa col·laborant + pilars acer	0,00	0,00

Taula 11.- Cost financer provinent de la inversió.

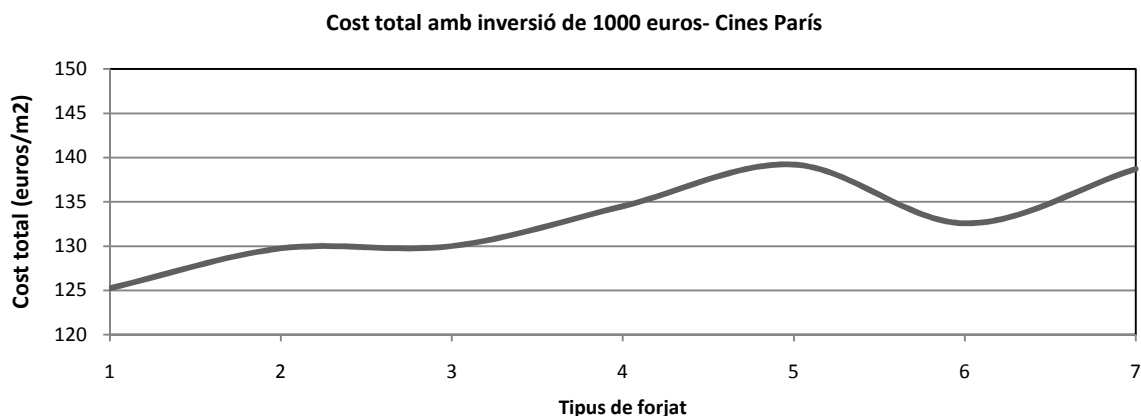
Finalment, podem veure que l'estalvi inicial que suposen els forjats in situ es veu minorat al sumar-li els costos indirectes.

Cost total (€/m ²)	Obra Cines París	Obra Gandía
Forjat reticular + pilars formigó	125,26	137,26
Forjat reticular + pilars acer	129,75	138,72
Llosa massissa + pilars formigó	130,01	142,01
Llosa massissa + pilars acer	134,50	143,47
Prellosa + pilars formigó	139,20	122,37
Prellosa + pilars acer	132,58	110,79
Xapa col·laborant + pilars acer	138,73	123,08

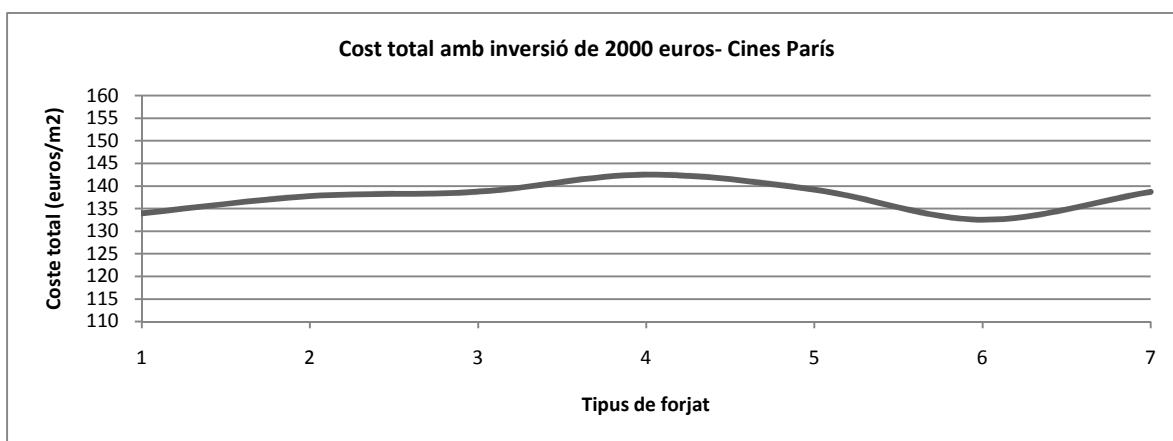
Taula 12.- Suma ponderada de costos directes i indirectes sobre els forjats.

5.3.2. Valoracions econòmiques

A continuació, i amb l'objectiu de tenir una idea més amplia de les diferències de costos, mostrem gràfiques amb els resultats per a cada una de les obres.

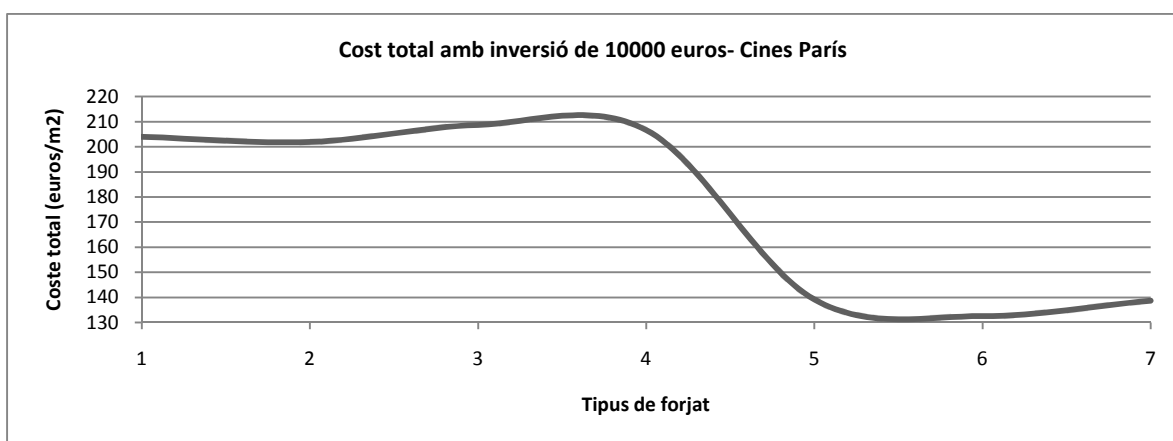
Gràfic 1. Cost en euros amb un valor del sòl de 1000 euros/m²

Quan la inversió es de 1000 euros/m², que és un valor de sòl construït baix, veiem que els forjats in situ surten més econòmics i que progressivament es van encarint. Quan arribem a les prelloses, surt més car utilitzar pilars de formigó i s'experimenta una rebaixa si són d'acer. La xapa col·laborant té un cost una mica superior.



Gràfic 2. Cost en euros amb un valor del sòl de 2000 euros/m²

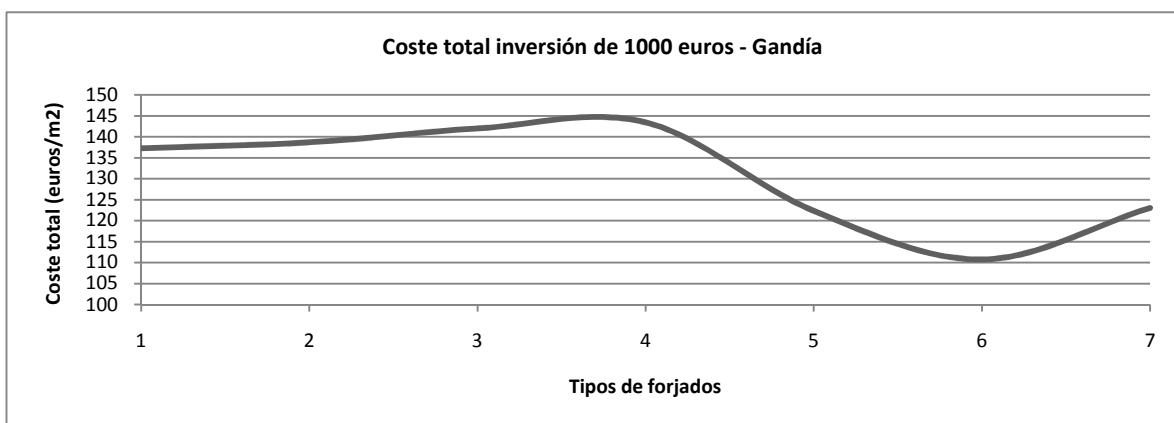
Quan puja el valor del sòl els forjats in situ comencen a augmentar el seu valor degut a la repercussió dels indirectes per termini i financers, resultant més rentable usar prelosa amb pilars d'acer o inclús de formigó encara que resulti lleugerament més cara, que utilitzar forjats in situ. També s'observa que la xapa col·laborant es perfila com a millor opció que un forjat in situ.



Gràfic 3. Cost en euros amb un valor del sòl de 10000 euros/m²

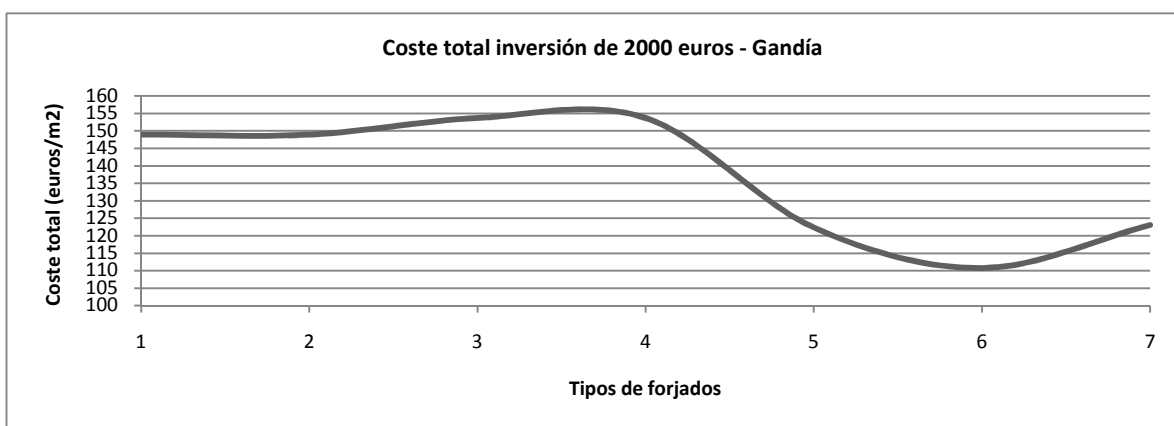
Si augmenta molt el valor del sòl degut al seu ús i ubicació, que és el cas concret de Cines París, clarament son més rentables els forjats prefabricats; en canvi els in situ veuen molt incrementat el seu cost posant-se al mateix nivell que la xapa col·laborant.

A continuació anem a fer el mateix per a l'obra de Gandia, no es preveu que hi hagi gaires diferències entre les tipologies ja que els preus són lleugerament inferiors però ho són tots quasi proporcionalment.



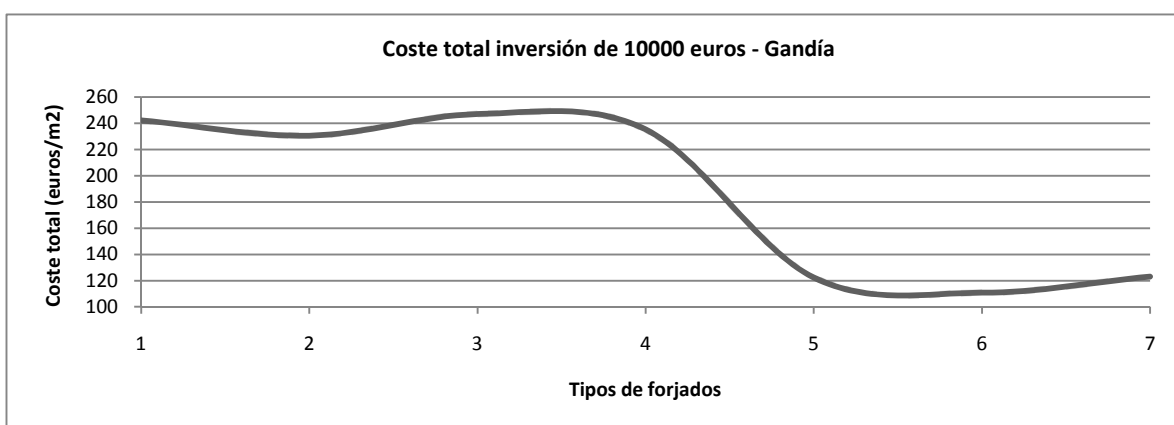
Gràfic 4. Cost en euros amb un valor del sòl de 1000 euros/m² a Gandía

Al ser les vivendes de Gandía una obra més prefabricable, l'ús de prelosa surt rentable tot i tenir valors del sòl baixos. Aquí els forjats in situ ja surten més cars d'entrada que els forjats prefabricats.



Gràfic 5. Cost en euros amb un valor del sòl de 2000 euros/m² a Gandía

Per a un valor superior del sòl, que és el cas concret de Gandía, la rendibilitat dels prefabricats es més acusada, sent la millor opció la prelosa amb pilars d'acer.



Gràfic 6. Cost en euros amb un valor del sòl de 10000 euros/m² a Gandía

No té gaire sentit aquest valor del sòl per a Gandía ja que no es produirà mai però així ens deixa marcada quina és la tendència de la que hem parlat en l'obra de les Rambles de Barcelona.

Si només ens fixem en el cost, punt de gran importància i decisiu per a la presa de decisions, podem elaborar les següents propostes:

Propostes econòmiques

- S'han estudiat diferents alternatives de forjats d'edificació per a llums entre 5 i 7 metres i s'han descartat en aquests rangs els forjats posttensats.
- En cost directe, són més competitives les opcions de forjats in situ, sent la solució òptima els reticulars.
- Si tenim en compte el cost indirecte i els costos financers que comporta una opció in situ enfront d'una prefabricada, la millor solució ja no es tan clara. En aquests casos les solucions mixtes de pilars i bigues d'acer amb prelloses de formigó donen resultats satisfactoris.
- Si l'estalvi en termini es una variable que comporti major valor en general, s'han d'estudiar solucions prefabricades.
- S'ha de procurar dissenyar els projectes tenint en compte la possibilitat de canvi i fer un disseny amb una solució adaptada a les característiques concretes de cada cas.

5.4. Requeriment social

5.4.1 Seguretat

5.4.1.1 Introducció

Avui en dia són molt importants i cada vegada més, les garanties de **seguretat** en la construcció, tant per a treballadors com per a usuaris. Sempre serà més segur el mètode que comporti una menor manipulació en obra i una menor necessitat d'operaris. També optarem abans pels forjats sobre els que es pugui caminar sense problemes després de col·locar-los. Així com pels que necessitin menor quantitat d'encofrats i puntals per a la seva col·locació. De totes maneres, és cert que avui en dia, la millora dels mitjans de seguretat i la presa de consciència dels treballadors, ha comportat una reducció d'accidents laborals substancial.

Cal parlar dels elements prefabricats que requereixen un menor nombre d'operaris i temps de manipulació, tot el referent a treballar amb grans masses suspeses comporta un risc afegit degut a que, si fallés, tindria conseqüències pitjors que accidents de menys envergadura amb forjats in situ.

Cal garantir en tot moment l'accés a les vivendes i als comerços també als vehicles dels aparcaments privats, aquest punt es crític en el cas dels comerços, que tenen una activitat diürna constant de gent entrant i sortint. S'ha de senyalitzar amb temps els talls de carrers que puguin realitzar-se durant l'execució de l'obra.

Si els vianants han de passar per sobre els forats o les rases, es col·locaran xapes metàl·liques fixades, de resistència suficient, totalment planes i sense ressalts.

Si els forats o les rases ha de ser evitats, les baranes o tanques de protecció del pas és col·locaran a 45° en el sentit de la marxa.

Així es recullen :

- 1.- En un primer apartat tenim la Probabilitat de que succeeixi el dany.
- 3.- En segon lloc l'estimació de l'Exposició al risc durant la jornada de treball.
- 2.- En un tercer apartat, les Conseqüències de que el risc es materialitzi.
- 4.- Finalment l'estimació del risc.

AVALUACIÓ DE RISCS

LLOC DE TREBALL																						
NOM LLOC:		ENCOFRADORS-PALETERIA				SECCIÓ:		OBRA				Nº TREBALLADORS:										
CENTRE DE TREBALL																						
EMPRESA		PROINOSA				DIRECCIÓ:				PROVÍNCIA:				Barcelona								
Nº	TIPUS DE RISCS	PROBABILITA					EXPOSICIÓ					CONSEQÜÈNC					ESTIMACIÓ RISC					
		M	B	M	A	M	M	B	M	A	M	M	L	G	M	M	M	L	M	M	G	M
1	Cops, talls amb objectes			X					X				X					X				
2	Xafar sobre objecte			X					X				X					X				
3	Caigudes al mateix nivell			X					X				X					X				
4	Caigudes a diferent nivell		X						X				X					X				
5	Caiguda d'objectes		X						X				X					X				
6	Atrapaments			X					X				X					X				
7	Cremades		X						X				X					X				
8	Contactes elèctrics		X						X				X					X				
9	Exposició a substàncies		X						X				X					X				
10	Projeccions o esquitxos			X					X				X					X				
11	Sobreesforços per postures			X					X				X					X				
12	Condicions ambientals		X						X				X					X				
13	Altres																					
PROBABILITAT		EXPOSICIÓ					CONSEQÜÈNCIES					ESTIMACIÓ RISC										
MA	Varies vegades a l'any	MA	Tot el dia					MU	Mort					MG	Molt Greu							
A		A	75% jornada de treball					MG	Incapacitat permanent					G	Greu							
M	Una vegada a l'any	M	50% jornada de treball					G	Baixa amb IT > 20 dies					MA	Moderat Alt							
B	Ha passat algun cop	B	25% jornada de treball					L	Baixa amb IT < 20 dies					MB	Moderat Baix							
MB	No ha passat	MB	<25% jornada de treball					ML	Incidents o accidents sense baixa					L	Lleu							
	Circumstàncies successives encadenades													ML	Molt Lleu							
OBSERVACIONS																						
1.- Us d'eines, material, etc. 2.- Claus, materials punxants en la zona de pas. 3.- Falta d'ordre i netedat. 4.- Proteccions col·lectives. 5.- Absència de rodapeus, xarxes. 6.- Serra de taula circular. 7.- Maquinària amb disc. 8.- Cables elèctrics, maquinària elèctrica. 9.- Treballs amb formigó, desencofrant 10.- Projeccions, esquitxos. 11.- Manipulació manual de càrregues. 12.- Pluja, calor, fred, etc. 13. Soroll.																						

Taula 13.- Avaluació resum dels riscos existents a l'obra

Tot seguit s'enumeren els riscos que anteriorment hem avaluat s'expliquen com s'originen, quins objectes hi participen i que s'ha de fer per a evitar-los.

Risc nº1. Cops i talls amb objectes

Per a evitar els cops amb objectes fixes o mòbils, eines, ferros, taulers d'encofrar, etc., s'ha de tenir la zona de treball i de pas lliure d'obstacles. Per a la manipulació manual dels materials (totxos, ferro,...) i amb la finalitat de protegir-se dels riscos de tall, cops o atrapaments de les mans, és necessari l'adequada utilització de guants que protegeixin els membres superiors dels riscos especificats.

Risc nº2. Xafades sobre objectes, Risc nº3 Caigudes al mateix nivell

En l'obra en execució, per a evitar el risc de xafades sobre objectes punxants (esperes, claus, etc.) és obligatori l'ús de calçat de seguretat amb sola antilliscant, plantilla antiperforant i puntera reforçada en obra.

Per col·laborar en la reducció i eliminació del risc és necessari mantenir l'ordre i netedat en la zona de treball i els camins de pas. Les zones en les que hi ha armadures sortints o esperes han que ser protegits amb caputxons de plàstic "setas", d'aquesta manera s'evitarà rascades amb ferros i /o cops.

Risc nº4. Caigudes a diferent nivell

En l'obra quan s'observi risc de caiguda de més de dos metres d'altura en la zona de treball, els buits existents, ja siguin horitzontals o verticals, han d'estar protegits amb xarxes, taulons o baranes de seguretat. Les baranes de seguretat han de constar d'una barana superior a 90 cm., un llistó intermig i un rodapeu d'almenys 15 cm.

En el muntatge d'encofrats el perímetre s'ha de protegir amb xarxa tipus forca i durant la col·locació del taulers és necessari disposar de xarxa horitzontal sota forjat.

En l'emplena't i muntatge de pilars, envans i façanes s'utilitzen escales de ma, andamis, castells, cimbres. Tots aquests elements auxiliars han de complir la normativa vigent, disposar de protecció perimetral i estar fixat al parament cada 4 m en el cas d'una bastida de fatxada. Sempre seguir les normes d'ús del fabricant i disposar en obra del manual de muntatge, manteniment i ús.

Risc nº5. Caigudes d'objectes

En les operacions de desencofrat, treballs sobre andamis, etc els treballadors poden patir cops per caiguda de taulers, puntals, elements estructurals fixes,...s'han d'utilitzar cascs protectors per al cap amb el fi de minimitzar les conseqüències de les caigudes d'objectes en els nivells superiors.

Risc nº6. Atrapaments

En general, qualsevol màquina que suposi risc d'atrapament, tall, etc. ha d'estar protegida i aquestes proteccions no han de ser eliminades o retirades per part dels treballadors. Si en la realització d'operacions de neteja o manteniment és necessari treure les proteccions, aquestes s'hauran de col·locar de nou abans de posar en funcionament la màquina.

Risc nº7. Cremades

En les operacions amb la serra de taula, radial, màquina de perforar..., es pot escalfar la part mòbil de la màquina (broca, disc,...). Es tindrà especial atenció de no agafar la màquina MAI per la part mòbil, ja que apart de cremades es poden produir lesions més greus si la màquina està endollada i s'accionés accidentalment.

Risc nº8. Contactes elèctrics

En els treballs en els que s'utilitzen eines elèctriques es presenta sempre el risc de contactes elèctrics deguts ja sigui al mal estat de les eines o instal·lacions o be al mal ús de les esmentades eines. Per evitar aquest tipus de risc a continuació es numeren una sèrie de recomanacions:

- Evitar la utilització de cables elèctrics sense els seus corresponents endolls i preses de corrent adequats.
- En treballs al exterior el material elèctric ha de tenir un grau de protecció mínim de IP44.
- Connectar correctament el terra de la maquinaria a utilitzar.
- No estirar directament del cable per a desendollar-lo de la corrent.
- Cuidar el bon estat dels cables d'alimentació dels aparells elèctrics, evitant que siguin aixafats pel pas de vehicles.
- No utilitzar aparells elèctrics quan tinguis les mans o els peus molls.

Risc nº9. Exposició a substàncies químiques

Degut a que en les operacions d'encofrat - desencofrat, d'envans, s'utilitzen productes químics, desencofrants, silicones i tacs químics, gas-oil,..., es necessiten guants, ulleres i mascaretes contra el risc químic específic. Sempre hi ha d'haver aigua prop del lloc de treball.

Risc nº10. Projeccions, esquitxos

En l'ús de la serra de taula, radial, eines manuals, o en operacions com ara formigonat, s'han d'utilitzar ulleres de protecció i mascareta per evitar les projeccions, els esquitxo i la pols. Tots els equips de protecció individual han de tenir el marcat CE i estar homologats.

Risc nº11. Sobreexforços per postures

Amb el fi de minimitzar el risc és recomanable alternar les tasques a realitzar que requereixin postures diferents de manera que es limiti el realitzar unes mateixes postures com a màxim durant un període de dos hores. Si no és possible alternar posicions es recomana rotar el personal, o be, realitzar pauses de cinc minuts cada hora per realitzar estiraments musculars.

Convé recordar que degut a una incorrecta manipulació es poden patir lesions musculars i esquelètiques en pesos que superin els 3Kg. És per això que seguidament es donen una sèrie de recomanacions a seguir per a reduir el risc mencionat: aproximar-se la càrrega, buscar l'equilibri, assegurar-se la presa de mans, fixar la columna vertebral i aixecar el pes doblant les cames, mai doblant l'esquena.

Risc nº12. Condicions ambientals

Les tasques a l'aire lliure impliquen l'exposició dels treballadors a les circumstàncies climàtiques que poden donar-se en cada moment.

Els treballadors han d'estar dotats de roba i calçat adequat contra el fred i la humitat, les proteccions col·lectives s'han de revisar periòdicament perquè poden veure's afectades pel clima.

L'exposició prolongada i repetitiva de la pell als raigs solars és el principal factor de risc per a les patologies malignes de la mateixa. Es recomana la protecció dels raigs solars mitjançant medis físics (gorres, mocadors, màniga llarga...) sempre que sigui possible i, en el seu defecte, l'ús de cremes de protecció solar en les zones de la pell que estiguin descobertes.

El treball en condicions tèrmiques elevades pot produir deshidratacions si no s'ingereix suficient líquid. Es recomana tenir aigua a disposició dels treballadors en tot moment.

Risc nº13. Soroll

En major o menor grau, estem contínuament exposats al soroll. Cada treballador es troba en diferents ambients acústics al llarg de la jornada laboral i per tant està exposat a diferents nivells de soroll. Per això és necessari la utilització de protecció auditiva personal quan es treballa amb màquines i/o maquinaria (perforador, serra, radial, martell pneumàtic,...) i/o treball prop de maquinaria en servei. Els efectes del soroll a més de sordera poden desencadenar problemes circulatoris (taquicàrdia, augment de la pressió sanguínia), disminuir l'activitat dels òrgans digestius, accelerar el metabolisme i el ritme respiratori, provocar trastorns del son, irritabilitat, etc.

5.4.1.2 Avaluació dels riscos

Una vegada enumerats els riscos que es poden produir en la realització dels treballs per la construcció del projecte, es procedeix a establir clarament una determinació sobre quins forjats són els que presenten majors riscos, utilitzarem el **MÈTODE D'ANÀLISI I EVALUACIÓ INICIAL DELS RISCS**.

Per a aquesta avaluació s'ha seguit el sistema d'avaluació Probabilitat/Gravetat aconsellat en les avaluacions de risc del INSHT.

Així es recullen :

- En un primer apartat trobem la Probabilitat de que tingui lloc el dany
- En un segon apartat, les Conseqüències de que el risc es materialitzi.
- En tercer lloc l'estimació de la Exposició al risc durant la jornada de treball.

Nivell de risc

Una cop estimada la probabilitat i la severitat del dany per a cada un dels riscos, es determina el nivell de risc segons el següent quadre:

Probabilitat				
Conseqüències		Baixa	Mitjana	Alta
	Lleu	Molt lleu	Lleu	Moderada
	Greu	Lleu	Moderada	Greu
	Molt greu	Moderada	Greu	Molt greu

Taula 14. Valoracions per cada tipus de probabilitat i conseqüències.

Els nivells de riscos indicats en el quadre anterior, formen la base per a decidir si es requereix establir mesures per a controlar el risc, així com la temporització de les accions. En la següent taula es mostra un criteri suggerit com a punt de partida per la presa de decisions. La taula també indica que els esforços precisos per controlar els riscos i la urgència amb la que s'han d'adoptar les mesures de control, han de ser proporcionals al risc.

RISC	ACCIÓ I TEMPORITZACIÓ
Molt lleu (ML)	No requereix l'adopció de mesures de control.
Lleu (L)	No és necessari adoptar mesures de control. No obstant és convenient adoptar mesures que siguin més rentables o que no suposin recursos importants.
Moderat (M)	S'han d'adoptar mesures específiques per controlar i reduir el risc, amb els recursos adequats. Les mesures per a reduir el risc s'han d'implantar abans possible, preferiblement abans d'iniciar l'activitat. Quan el risc moderat està associat amb conseqüències extremadament perjudicials, es precisarà una acció posterior per establir, amb més precisió, la probabilitat de dany com a base per determinar les mesures de control.
Greu (G)	S'han d'adoptar mesures específiques per a controlar i reduir el risc, encara que suposin recursos considerables. No s'ha de començar el treball fins que s'hagi reduït el risc. Quan el risc correspongui a un treball que s'està realitzant, s'ha de solucionar el problema de manera urgent, paralitzant el treball si la mesura tarda a implantar-se.
Molt Greu (MG)	S'han d'adoptar mesures específiques per a controlar i reduir el risc, encara que suposin recursos considerables. No s'ha de començar el treball fins que s'hagi reduït el risc. Quan el risc correspongui a un treball que s'està realitzant s'ha de paralitzar immediatament el treball.

Taula 15.- Explicació del significat de cada valoració.

Riscs més freqüents.

FORJAT RETICULAR											
Riscs identificats	Probabilitat			Conseqüències			Valoració del risc				
	B	M	A	L	G	MG	ML	L	M	G	MG
Accidents vehicles	X					X			X		
Caiguda a diferent nivell		X				X				X	
Caiguda d'objectes		X				X				X	
Cremades	X				X			X			
Contactes elèctrics	X				X			X			
Exposició a substàncies químiques	X			X			X				
Cops i projeccions			X		X					X	
Sobreesforços			X	X					X		

Taula 16. Riscs més freqüents del forjat reticular.

Nota: s'han avaluat els forjats amb pilars de formigó i d'acer conjuntament per que existeixen els mateixos riscos.

Els forjats amb llosa massissa i reticular tenen un procés de construcció in situ de formigó amb molta manipulació d'objectes per a l'execució i l'encofrat de l'estructura; en el cas d'utilitzar pilars de formigó, també s'hauran d'encofrar i treballar amb el formigó in situ, si són d'acer, ens estalviarem aquesta feina però s'haurà de tenir especial compte amb el tema d'unions i soldadures. Al ser un mètode constructiu que requereix molta mà d'obra i maquinaria més petita està més subjecte a errors per falta de rigor.

Els riscos que poden sorgir son majoritàriament les *caigudes a diferent nivell* de persones quan s'està treballant en els forjats de les plantes superiors, les *caigudes d'objectes* (puntals, barres d'acer, etc...) que s'aixequen sense disposar les corretges correctament, també, *cops i sobreesforços*; la manipulació de la bomba per formigonar pot produir contactes elèctrics en algun cas (cables amb l'aïllament deteriorat) i també, el contacte amb productes com: formigó, desencofrant, tacs químics... podria ser nociu si no es prenen les mesures adequades.

Per tant les mesures preventives són: la col·locació de xarxes horitzontals i verticals així com baranes de seguretat, posant especial atenció en que no falti el rodapeu en la part inferior d'aquestes. La xarxa perimetral agafada amb pescants al voltant de l'estructura també serà necessària per evitar caigudes en altura i d'objectes que podrien anar a parar a la via pública.

LLOSA MASSISSA											
Riscs identificats	Probabilitat			Conseqüències			Valoració del risc				
	B	M	A	L	G	MG	ML	L	M	G	MG
Accidents vehicles	X					X			X		
Caiguda a diferent nivell		X				X				X	
Caiguda d'objectes		X				X				X	
Cremades	X				X			X			
Contactes elèctrics	X				X			X			
Exposició a substàncies químiques	X			X			X				
Cops i projeccions			X		X					X	
Sobreesforços			X	X					X		

Taula 17. Riscos més freqüents de la llosa massissa més els pilars de formigó/acer.

Els riscos i les mesures preventives a adoptar són les mateixes que en el cas del forjat reticular.

FORJAT AMB PRELLOSA											
Riscs identificats	Probabilitat			Conseqüències			Valoració del risc				
	B	M	A	L	G	MG	ML	L	M	G	MG
Accidents vehicles		X				X				X	
Caiguda a diferent nivell	X					X			X		
Caiguda d'objectes	X					X			X		
Cremades	X				X			X			
Contactes elèctrics	X				X			X			
Exposició a substàncies químiques	X				X			X			
Cops i projeccions		X			X				X		
Sobreesforços		X			X				X		

Taula 18. Riscos més freqüents del forjat amb prellosa.

En el cas d'utilitzar plaques prefabricades, tant si usem pilars prefabricats de formigó com pilars d'acer, els majors riscos que existiran seran els atropellaments per maquinaria ja que el prefabricat comporta l'ús de grues de gran capacitat per a

l'hissa't. Les caigudes d'objectes o de persones a diferent nivell seran menys probables degut a que el procés de col·locació està més controlat i mecanitzat que amb el forjat in situ i es treballa amb un menor número d'operaris. Al no tenir que manipular el formigó quan està fraguant, hi haurà menor risc de cremades i de contactes elèctrics.

Les mesures preventives a adoptar són fonamentalment la línia de vida, sempre i quan no sigui possible la col·locació de xarxes, baranes de seguretat. És important que l'operari en treballs amb línia de vida vagi amb doble cable, d'aquesta manera quan es deixi anar d'un punt per a enganxar-se a un altre, estarà protegit perquè tindrà l'altre cable subjecte.

En aquelles situacions que ens permetin la col·locació de proteccions col·lectives (baranes, xarxes,...) es disposaran, independentment del cost que això impliqui, el principi de la prevenció, és que prevalen les proteccions col·lectives sobre les individuals.

XAPA COLABORANT + PILARS ACER											
Riscos identificats	Probabilitat			Conseqüències			Valoració del risc				
	B	M	A	L	G	MG	ML	L	M	G	MG
Atropellaments per maquinaria o vehicles		X				X				X	
Caiguda a diferent nivell	X					X			X		
Caiguda d'objectes	X					X			X		
Cremades	X				X			X			
Contactes elèctrics	X				X			X			
Exposició a substàncies químiques	X				X			X			
Cops i projeccions		X			X				X		
Sobreesforços		X			X				X		

Taula 19. Riscos més freqüents de la xapa col·laborant més els pilars d'acer.

Aquest tipus de forjat està majoritàriament format per peces d'acer i té un major grau de prefabricació que la resta. De nou aquí els majors riscos seran degut a la presència de maquinaria en l'obra, a més dels ja citats anteriorment en el cas de les prelloses. Les mesures preventives seran les línies de vida ja que serà difícil posar xarxes i baranes en la planta de forjat. Això suposarà el tenir un nombre reduït d'operaris treballant i que sigui important assegurar-les bé amb doble anclatge.

Un cop obtinguts aquests resultats, podem recopilar-los en una taula. Establim una puntuació per a cada un dels atributs (ML,L,M,G,MG), la qual està en funció de la importància que creiem que tenen entre ells i tenint en compte que, quants menys riscos tinguem, major puntuació li atorgarem.

Taula d'avaluacions finals

	ML(8)	L(6)	M(4)	G(2)	MG(0)	TOTAL
Reticular + pilars Formigó	1	2	2	3	0	34
Reticular + pilars acer	1	2	2	3	0	34
Llosa massissa + pilars formigó	1	2	2	3	0	34
Llosa massissa + pilars acer	1	2	2	3	0	34
Prellosa + pilars formigó	0	3	4	1	0	36
Prellosa + pilars acer	0	3	4	1	0	36
Xapa col·laborant + pilars acer	0	3	4	1	0	36

*Taula 20. Avaluacions finals dels riscos més freqüents.***5.4.2 Molèsties als usuaris**

També es un factor a considerar, sobre tot en entorns urbans, como es el cas de les dos obres que analitzem, la **molèstia a l'entorn**. Aquest fet està directament relacionat amb el termini; quant més temps duri l'obra, major grau de molèsties causarà als veïns. També són causa de molèsties, la maquinaria que té ha d'accedir a l'obra. Aquest últim factor és més difícil de determinar a priori ja que depèn molt del volum de l'obra. En el cas dels prefabricats, faran falta grans camions per a portar les plaques i grues de gran envergadura per pujar-les; per als forjats in situ necessitarem formigoneres, camions i maquinaria d'obra per a transport i provisió de material.

L'empresa que realitzi l'obra tindrà un responsable de la Implantació de l'Obra al Domini Públic, que s'encarregarà de coordinar totes les feines de conservació i homogeneïtat dels tancaments, senyalitzacions i mobilitat a l'espai públic limítrof de l'obra, mantenint un contacte continu amb els representants dels veïns i comerciants de la zona, així com amb l'Ajuntament, la Policia Municipal i la Direcció d'obra.

S'ha de procurar en la mesura de les possibilitats no treballar ni en festius ni en horaris que destorbin el descans del veïnatge, aquest condicionant es crític en els mesos d'estiu on la població fa més vida al carrer i les finestres solen estar obertes per ventilació.

És molt important fer mesures de soroll per a comprovar que els nivells no són superiors a l'establert per la normativa.

Cal garantir en tot moment l'accés a les vivendes i als comerços també als vehicles dels aparcaments privats, aquest punt es crític en el cas dels comerços, que tenen una activitat diürna constant de gent entrant i sortint. S'ha de senyalitzar amb temps els talls de carrers que puguin realitzar-se durant l'execució de l'obra.

Si els vianants han de passar per sobre els forats o les rases, es col·locaran xapes metàl·liques fixades, de resistència suficient, totalment planes i sense ressalts. Si els forats o les rases ha de ser evitats, les baranes o tanques de protecció del pas és col·locaran a 45º en el sentit de la marxa.

Es realitzaran regs periòdics per evitar la generació de pols.

A la sortida de l'obra, es controlarà que els camions tinguin les rodes netes i portin una lona per tal d'evitar l'embrutiment del carrer i el despreniment de pols i partícules.

Per tal d'informar a la població s'han de realitzar tríptics informatius que es repartiran pels domicilis de la població, panells que es situaran a prop de cada intervenció, propaganda en els mitjans de comunicació d'àmbit local existents i atenció personalitzada en diferents punts d'informació que s'habilitaran.

En el contingut de la publicitat informarà de l'afectació de les obres sobre la via pública i a la circulació viària, la duració de les mateixes i indicarà dels possibles itineraris alternatius a utilitzar en cada moment de l'obra.

La campanya informarà als ciutadans sobre les millores per als vianants i per a la mobilitat en general, complementant-la amb plànols i imatges de les solucions adoptades als carrers.

Per un altra banda, també s'ha d'informar als ciutadans d'algunes dades tècniques de l'abast del projecte, ja siguin referències a la reposició de serveis, o a les seccions de carrer resultants o a l'arbrat que s'hi col·locarà als vials.

Per avaluar les molèsties, utilitzarem el mateix procediment empleat per a la seguretat.

MOLÈSTIES MÉS FREQUËNTS.

FORJAT RETICULAR/LLOSA MASSISSA + PILARS FORMIGÓ											
Riscs identificats	Probabilitat			Conseqüències			Valoració de la molèstia				
	B	M	A	L	G	MG	ML	L	M	G	MG
Invasió via pública			X	X					X		
Tràfic de maquinaria		X		X				X			
Emissió de pols			X		X					X	
Soroll			X		X					X	

Taula 21.- Molèsties més freqüents del forjat reticular/llosa massissa més els pilars de formigó.

FORJAT RETICULAR/LLOSA MASSISSA + PILARS ACER											
Riscs identificats	Probabilitat			Conseqüències			Valoració de la molèstia				
	B	M	A	L	G	MG	ML	L	M	G	MG
Invasió via pública		X		X				X			
Tràfic de maquinaria		X		X				X			
Emissió de pols			X		X					X	
Soroll			X		X					X	

Taula 22.- Molèsties més freqüents del forjat reticular/llosa massissa més els pilars d'acer.

PRELLOSA + PILARS FORMIGÓ											
Riscs identificats	Probabilitat			Conseqüències			Valoració de la molèstia				
	B	M	A	L	G	MG	ML	L	M	G	MG
Invasió via pública	X				X			X			
Tràfic de maquinaria			X		X					X	
Emissió de pols		X			X				X		
Soroll		X			X				X		

Taula 23.- Molèsties més freqüents de la prelosa més els pilars de formigó.

PRELLOSA + PILARS ACER											
Riscs identificats	Probabilitat			Conseqüències			Valoració de la molèstia				
	B	M	A	L	G	MG	ML	L	M	G	MG
Invasió via pública	X				X			X			
Tràfic de maquinaria			X		X					X	
Emissió de pols		X			X				X		
Soroll		X			X				X		

Taula 24. Molèsties més freqüents de la prelosa més els pilars d'acer.

XAPA COL·LABORANT + PILARS ACER											
Riscs identificats	Probabilitat			Conseqüències			Valoració de la molèstia				
	B	M	A	L	G	MG	ML	L	M	G	MG
Invasió via pública	X				X			X			
Tràfic de maquinaria			X		X					X	
Emissió de pols		X			X				X		
Soroll		X			X				X		

Taula 25.- Molèsties més freqüents de la xapa col·laborant més els pilars d'acer.

De la mateixa forma que en seguretat, recopilem els resultats obtinguts en la següent taula i establim el mateix mètode de valoració.

TAULA D'AVALUACIONS FINALS

A continuació es procedeix a donar-li una valoració numèrica a tots els aspectes que controlem, aquesta valoració la fem a partir de donar uns valors numèrics a les molèsties de tal forma que com més greu sigui aquesta més baix és el valor que li correspon:

	ML(8)	L(6)	M(4)	G(2)	MG(0)	TOTAL
Reticular + pilars formigó	0	1	1	2	0	14
Reticular + pilars acer	0	2	0	2	0	16
Llosa massissa + pilars form.	0	1	1	2	0	14
Llosa massissa + pilars acer	0	2	0	2	0	16
Prellosa + pilars formigó	0	1	2	1	0	16
Prellosa + pilars acer	0	1	2	1	0	16
Xapa col·laborant + pilars acer	0	1	2	1	0	16

Taula 26.- Avaluacions finals de les molèsties més freqüents.

Una vegada fetes les valoracions podem comprovar que els resultats corresponents de les diferents tipologies no es diferencien gaire entre ells això és degut a tenir valoracions de molèsties molt semblants per a les diferents tipologies.

5.5. Requeriment ambiental

L'objectiu és buscar una solució constructiva sostenible. Es vol estudiar o valorar el consum de matèries primeres, el consum d'energia i el pla de gestió de residus, tot això es complementa amb l'ISMA que s'ha calculat anteriorment.

5.5.1 Consum de matèries primes

La primera qüestió a valorar serà el **consum de matèries primeres**, que es basa en, acer i formigó.

D'entrada les opcions de llosa massissa i reticular, queden en desavantatge ja que necessiten grans quantitats de formigó, a més de l'armadura i també fusta per als encofrats. Si busquem opcions prefabricades que necessiten poc encofrat, seran més aconsellables aquelles que resolguin part de l'estructura amb acer, per ser un material totalment reciclable, més net i fàcil d'aplicar.

Antigament, l'ús de l'acer, que es produïa en alts forns, produïa moltes emissions i era altament contaminant; actualment, molt de l'acer prové de la xatarra que es reutilitza i a més que els nous forns són molt més eficients. Amb el formigó es treballa cada vegada més com a font principal d'obtenció en la línia dels àrids reciclats

Així, per exemple les plaques prefabricades alveolars, amb pilars d'acer seran la millor alternativa. La opció de xapa col·laborant ofereix un 70% d'estructura

prefabricada i, tot i realitzar-se la capa de compressió de formigó, el consum respecte a la resta d'opcions és el més reduït.

Forjat reticular + pilars formigó	Pes matèries primes (Tn)			Relació Pes /Superfície (Tn)	
Pes	Formigó	Acer		Formigó	Acer
Cines París	2.632,38	145,46		607,97	39,93
Gandía	2.124,49	118,06		490,67	32,41
Forjat reticular + pilars acer					
Pes	Formigó	Acer		Formigó	Acer
Cines París	2.273,13	184,36		525,00	50,61
Gandía	1.912,56	147,74		441,72	40,55
Llosa massissa + pilars formigó					
Pes	Formigó	Acer		Formigó	Acer
Cines París	3.606,59	171,44		832,97	47,06
Gandía	2.944,16	139,92		679,98	38,41
Llosa massissa + pilars acer					
Pes	Formigó	Acer		Formigó	Acer
Cines París	3.247,34	210,34		750,00	57,74
Gandía	2.732,24	169,60		631,03	46,55
Prellosa + pilars formigó					
Pes	Formigó	Acer		Formigó	Acer
Cines París	2.449,58	133,02		565,75	36,51
Gandía	2.025,01	104,91		467,69	28,80
Prellosa + pilars acer					
Pes	Formigó	Acer		Formigó	Acer
Cines París	1.860,78	202,81		429,76	55,67
Gandía	1.265,70	157,55		292,33	43,25
Xapa col·laborant + pilars acer					

Pes	Formigó	Acer		Formigó	Acer
Cines París	1.082,45	265,53		250,00	72,89
Gandía	910,75	197,82		210,34	54,30

Taula 27.- Pes matèries primes

5.5.2 Consum d'energia

Un altre criteri a valorar serà el **consum d'energia** que es referirà sobre tot en el consum d'aigua i electricitat.

En l'àmbit dels prefabricats, sí que és cert que precisen poca maquinària en obra i per tant un consum menor. Però no podem oblidar que el recorregut del material és major que si portem la matèria prima directament a obra. Amb això ens referim a que, en el procés dels prefabricats, existeixen dues etapes: la primera, on els materials van des del punt d'extracció a la planta de prefabricació, i posteriorment, el seu transport a obra (això es reflexa directament en un major cost dels prefabricats).

Per contrapartida, en les plantes de prefabricació els processos industrialitzats permeten optimitzar l'ús de materials estalviant al màxim en matèries primes i permetent un millor reciclatge i gestió dels residus. En obra, en canvi, és més difícil controlar i gestionar els residus generats. Dependrà llavors del volum d'obra que tinguem i la proximitat de les matèries primes per valorar el millor sistema en termes medi ambientals.

Disposem de dades exactes, en les nostres obres, sobre el consum d'aigua i electricitat que hem obtingut de fer promitjos entre obres de semblants característiques amb els valors de les factures. Per poder valorar-ho, ens basarem en la duració dels treballs de l'obra per determinar el consum total, això es fa per no afavorir a cap de les alternatives, ja que no es pot valorar el consum d'energia dels prefabricats.

Es pot fer una valoració in situ quan el material ja està a l'obra ordenant les tipologies que més despesa d'aigua i llum necessiten per a executar-se.

La que menys consumeix és l'estructura prefabricada, en primer lloc tenim la xapa col·laborant, a continuació segueixen la placa alveolar i la prelosa, tot seguit tenim les estructures in situ, el forjat reticular i la llosa massissa.

A continuació mostrem una relació valorada dels consums segons cada tipologia, aquest consum ha estat calculat a partir del consum que se'n fa a l'obra, no es calcula el consum que se'n fa per exemple dels prefabricats en el taller, s'inicia el compte des de l'obra, s'entén que en el taller ja es minimitzen els consums i es prenen les mesures adequades per tal d'estalviar.

Consums Cines Paris	Consum aigua (€)	Consum electricitat (€)
<i>Forjat reticular + pilars formigó</i>	521,7	2100
<i>Forjat reticular + pilars acer</i>	495,615	1995
<i>Llosa massissa + pilars formigó</i>	521,7	2100
<i>Llosa massissa + pilars acer</i>	495,615	1995
<i>Prelosa + pilars formigó</i>	208,68	840

<i>Prellosa + pilars acer</i>	208,68	840
<i>Xapa col·laborant + pilars acer</i>	208,68	840

Taula 28.- Consums d'aigua i electricitat segons tipologia a l'obra de Cines Paris.

Consums Gandia	Consum aigua (€)	Consum electricitat (€)
Forjat reticular + pilars formigó	730,38	2940
Forjat reticular + pilars acer	678,21	2730
Llosa massissa + pilars formigó	730,38	2940
Llosa massissa + pilars acer	678,21	2730
Prellosa + pilars formigó	313,02	1260
Prellosa + pilars acer	313,02	1260
Xapa col·laborant + pilars acer	313,02	1260

Taula 29.- Consums d'aigua i electricitat segons tipologia a l'obra de Vivendes Gandia.

Aquests valors de consum en euros per tal de poder-los tractar, millor com a atributs, es passen a valors numèrics entre 1 i 10. On els extrems serien les situacions extrems que no es tenen perquè donar en cap de les dues obres. On el qui té el valor de 0 és l'òptim ja que és el més econòmic i en canvi el que té el valor més alt és un cas de despilfarrament. Aquests valors ja apareixeran en la taula de resultats del punt següent.

5.5.3 Pla de residus

L'últim criteri a valorar serà la generació de **residus en obra**, que són classificables de diversos tipus:

- Terres: material petri procedent de l'excavació, que es pot portar a d'altres obres, a abocadors controlats o bé a terraplenat de terres agrícoles en funció del tipus de material.
- Runa neta: residu d'alt contingut en petris i baix contingut en materials impropis que posteriorment es poden aprofitar per reciclar com a àrids de formigó
- Runa bruta: la que té major presència d'impropis i es pot reciclar en un menor percentatge
- Fusta : restes de fusta procedents d'apuntalaments i d'encofrats
- Plàstics: restes d'embalatges, tubs i d'altres plàstics que no estiguin bruts per cap residu.
- Cartró/Paper: restes d'embalatges de cartrons i materials que continguin cel·lulosa.
- Ferro: restes de ferralla procedents de retalls i material que sigui

- **Banals:** deixalles (tot el que no es pot reciclar i ha d'anar a l'abocador)

Disposem de dades d'obres fetes amb forjats in situ, just a l'acabar la fase d'estructura (veure annex obra CONEI). Seguidament mostrem de manera resumida les dades d'una obra a mode d'exemple (no utilitzem dades referents a Cines París ni Gandía per ser obres encara en projecte i no existir encara un seguiment de control de residus). Ens basarem en ells per avaluar els residus de les obres in situ.

RESIDUS (m3)	
RESIDUS ESPECIALS	11
RUNA NETA (densitat superior a 1,45 T/m3)	112
RUNA BRUTA (densitat entre 0,6 y 1,25 T/m3)	72
FERRO	8
FUSTA (densitat entre 0,6 y 1,25 T/m3)	62
PLÀSTICS (densitat entre 0,6 y 1,25 T/m3)	44
CARTRÓ, PAPER (densitat entre 0,6 y 1,25 T/m3)	25
TOTAL	334

Taula 30.- Volum de residus generats en obra [13]

$$Relació = \frac{Residus}{Superfície} = \frac{334}{8000} = 0.042$$

Figura 43.- Relació residu produït superfície construïda.

Els residus d'obres fetes amb forjats prefabricats reben un seguiment menys exhaustiu al generar volums menors. Per valorar-los, els relacionarem amb les dades ideals que acabem de veure d'una obra amb forjats in situ.

D'aquesta manera, establim com a valor màxim de producció de residus el $0.04 \text{ m}^3/\text{m}^2$, és a dir, serà el nostre 100% i a partir d'aquí valorarem la resta en relació amb aquest valor màxim. Així obtenim la següent taula amb les ponderacions tal com segueix:

TIPUS	PONDERACIÓ (%)
RE+PH	75
RE+PA	50
LM+PH	75
LM+PA	50
PR+PH	25
PR+PA	25

CH+PA	25
-------	----

Taula 31.- Ponderacions segons tipologia.

Es vol obtenir una valoració real tot ponderant els resultat anteriors per a cadascuna de les tipologies. S'utilitza el valor màxim de producció anteriorment trobat els valors no són exactes, ja que es poden cometre errors en la consecució dels mateixos i més encara si són obtinguts d'un mostreig en diferents obres, és per això que són valors aproximats.


TIPUS	VALORACIÓ	VALORACIÓ(%)
RE+PH	$0.042 \cdot 0.75 = 0.032$	3.2
RE+PA	$0.042 \cdot 0.5 = 0.02$	2
LM+PH	$0.042 \cdot 0.75 = 0.032$	3.2
LM+PA	$0.042 \cdot 0.5 = 0.02$	2
PR+PH	$0.042 \cdot 0.25 = 0.011$	1.1
PR+PA	$0.042 \cdot 0.25 = 0.011$	1.1
CH+PA	$0.042 \cdot 0.25 = 0.011$	1.1

Taula 32.- Valoracions segons tipologia.

No hem d'oblidar que, encara que a priori, els sistemes prefabricats ofereixen un estalvi de residus en obra i també en planta, al formar part d'un procés de fabricació industrialitzat, tenen un major control i optimització dels materials, tot i això, hi ha un factor de risc difícil de controlar degut al fet que pot arribar a obra una partida amb algun problema (de longituds, de material...). Aquest fet incrementaria de forma significativa el percentatge de residus. En el forjat in situ, en canvi, la generació de residus és més constant però no està subjecte a imprevistos d'aquest tipus donat que en tot moment controlem la producció.

Els residus d'obres fetes amb forjats prefabricats reben un seguiment menys exhaustiu al generar un volum menor. Per valorar-los, els relacionarem amb les dades reals que acabem de veure d'una obra amb forjats in situ.

Segons el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, les quantitats a partir de les quals s'han de segregar les diferents fraccions dels residus que es produeixen i s'obliga a realitzar un pla de residus i un pressupost com el següent:

PRESSUPOST GESTIÓ RESIDUS EDIFICI CINES PARIS					
	QUANTITATS PREVISTES (TN)		QUANTITATS PREVISTES (M3)		COST PREVIST (C)
	CONDICIONS NORMALS	CONDICIONS EMERGÈNCIA	CONDICIONS NORMALS	CONDICIONS EMERGÈNCIA	
RESIDUS ESPECIALS					
ENVASOS BRUTS DE PRODUCTES QUÍMICS	0,48	NA	9,46	NA	583,60
CÓD. 150110 Plàstics: 150111 Meál·lics					
AEROSOLS	0,10	NA	1,89	NA	340,52
CÓD. 160504					
RESIDUS NO ESPECIALS					
RUNES I RESTES D'OBRA					
FORMIGÓ	157,85	NA	112,76	NA	4.284,78
TOTXO, TEULA I CERÀMIC	175,59	NA	176,21	NA	8.269,84
CÓD. 170904					
FUSTA	15,68	NA	62,71	NA	1.505,14
CÓD. 170201-200138					
FERRALLA	2,81	NA	7,79	NA	-129,82
CÓD. 170405-170407					
PLÀSTIC	6,85	NA	44,82	NA	829,22
CÓD. 170203-200139					
PAPER I CARTRÓ	3,60	NA	51,41	NA	565,48
CÓD. 200101					
VIDRE		NA		NA	
CÓD. 170202-200102					
BANAL	1,36	NA	3,37	NA	90,93
CÓD. 200301					
TOTALS	364,31	NA	470,42	NA	16.339,68

Taula 33.- Pressupost de residus generats a obra [13]

6. Resultats i conclusions

6.1. Introducció

A continuació mostrem els resultats finals que obtenim. Per a fer-ho, hem partit de les nostres dades inicials referents a cada alternativa a avaluar i, basant-nos en un mètode de ponderació de criteris, hem arribat a la solució. Seguidament desenvolupem l'explicació d'aquest procés i mostrem la solució final d'una forma clara i visual.

6.2. Metodologia

Partim de les dades d'entrada obtinguts en els apartats 4 i 6 d'aquesta tesina, on hi ha els aspectes analitzats per a cada alternativa, necessitem un mètode de valoració que tingui en compte la importància relativa que tenen uns sobre altres i ens permet ser un criteri fiable i real per a la presa de decisions.

D'aquesta manera, basant-nos en la metodologia MIVES (Modelo Integrado de Valor para una Evaluación Sostenible) podem valorar diferents condicionants objectivitzant criteris i arribar a una elecció sostenible

Per a arribar a ella, el programa fa ús del mètode AHP, Procés de Jerarquia Analítica (Saaty, 1980) que ens permet obtenir les ponderacions dels criteris i indicadors entre ells. Seguidament mostrem les matrius de pesos que posteriorment aplicarem per a obtenir els nostres resultats.

	ECONÒMIC	SOCIAL	AMBIENTAL	ISMA	PES (%)
ECONÒMIC	1	4.00	4.00	1	44.9
SOCIAL	0.25	1	0.50	2	18.5
AMBIENTAL	0.25	2.00	1	2	18.5
ISMA	1	0.5	0,5	2	18.1

Taula 34.- Matriu de pesos dels requeriments (econòmic, social i ambiental).

	SEGURETAT	MOLÈSTIES	PES (%)
SEGURETAT	1	3.00	75.00
MOLÈSTIES	0.33	1	25.00

Taula 35.- Matriu pesos dels criteris relacionats amb el requeriment social.

	CONSUM MATÈRIES PRIMES	CONSUM ENERGIA	PLA DE RESIDUS	PES (%)
CONSUM MATÈRIES PRIMES	1	1.50	0.50	27.27
CONSUM ENERGIA	0.67	1	0.33	18.18
RESIDUS	2.00	3.00	1	54.55

Taula 36.- Matriu de pesos dels criteris relacionats amb el requeriment ambiental.

	FORMIGÓ	ACER	PES (%)
FORMIGÓ	1	0.75	42.86
ACER	1.33	1	57.14

Taula 37.- Matriu de pesos dels indicadors relacionats amb el criteri de consum de matèries primes.

	AIGUA	ELECTRICITAT	PES(%)
AIGUA	1	1.00	50.00
ELECTRICITAT	1.00	1	50.00

Taula 38.- Matriu pesos dels indicadors relacionats amb el criteri de consum d'energia.

El següent pas serà aplicar aquests percentatges a les nostres dades de partida. Prèviament, hem hagut d'homogeneïtzar totes aquestes dades a fi de poder comparar-les. Per això ho plasmem en funcions de valor que transformaran les nostres dades (del tipus que siguin: percentatges, atributs) en valors compresos entre 0 i 1.

Després d'un anàlisi de quines són les funcions de valor que més s'adaptarien a cada indicador, hem cregut que la opció més raonable és la d'usar per a tots ells funcions lineals. D'aquesta manera evitem influir inconscientment en el resultat amb un altre tipus de gràfiques que afavoreixin unes alternatives en front d'altres. En els punts següents d'aquest apartat mostrem les taules que resumeixen aquest procés, distingint el cas dels cines París del de Gandia.

6.3. Resultats edifici Cines París

A continuació presentem els resultats de les diferents tipologies per a l'edifici de cines París, de forma resumida. Cal dir que tenim valorat per a cadascuna de les tipologies tots els criteris que afecten a l'obra que estem estudiant, en aquest cas, a

més podem dir que hi tenim uns valors que són únics en aquesta obra i d'altres que es repetiran en qualsevol obra que s'estudiï ja que depenen de la pròpia tipologia com són la seguretat, les molèsties als veïns, els consums energètics i els residus o bé com els residus que és un rati per m2 i per tipus de forjat.

REQUERIM	ECONÒMIC	SOCIAL		AMBIENTAL (CONSUMS)					MULTICR.
CRITERI	COST TOTAL	SEGUR	MOLÈST	FORM	ACER	ENERG	AIGUA	RESIDUS	ISMA
INDICADOR	€/M2	Atributs	Atributs	Tn	Tn	Atributs	Atributs	m3/m2	Atributs
RE+PF	125,3	34	14	608	40	10	10	3,2	0,6
RE+PA	129,75	34	16	525	51	8	8	2	0,62
LM+PF	130,01	34	14	832	47	10	10	3,2	0,59
LM+PA	134,5	34	16	750	58	8	8	2	0,6
PR+PF	139,2	36	16	566	37	2	5	1,1	0,6
PR+PA	132,58	36	16	430	56	2	5	1,1	0,62
XA+PA	138,73	36	16	250	72,8	2	5	1,1	0,62

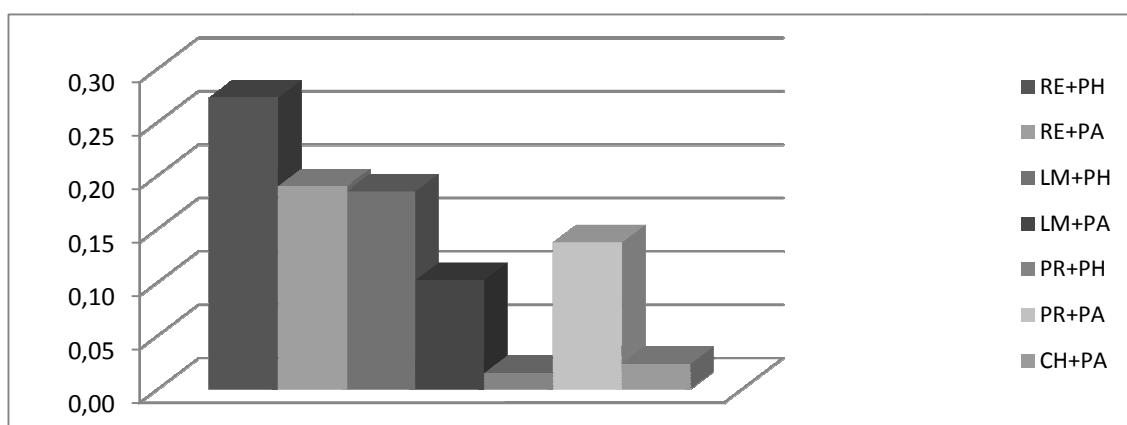
Taula 39.- Valors obtinguts en els indicadors per a cada alternativa de Cines París.

ECONÒMIC	0.27	0.19	0.19	0.10	0.01	0.14	0.02
SOCIAL	0.5	0.52	0.5	0.52	0.54	0.54	0.54
AMBIENTAL	0.31	0.24	0.38	0.32	0.13	0.19	0.12
ISMA	0.2	0.24	0.19	0.2	0.2	0.24	0.24

VALORACIÓ FINAL	0.31	0.27	0.28	0.23	0.16	0.24	0.17
-----------------	------	------	------	------	------	------	------

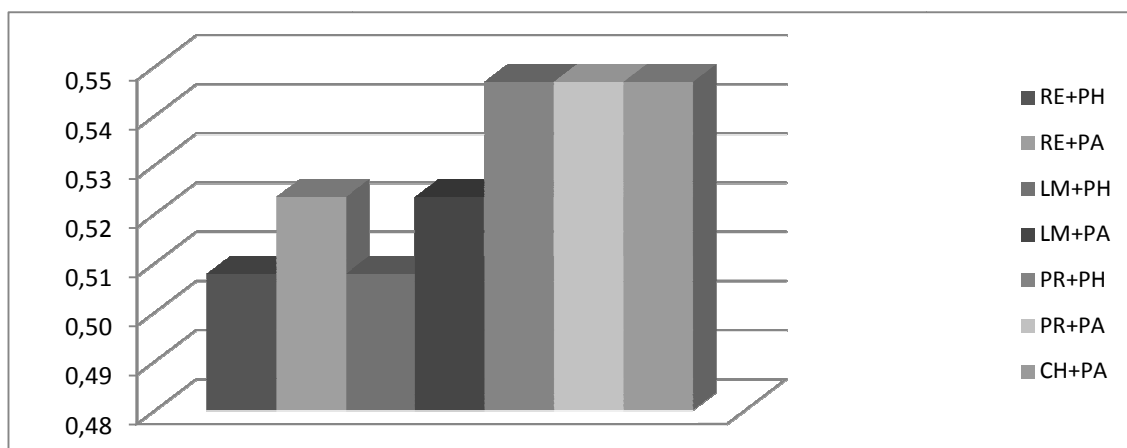
Taula 40.- Resultats comparativa.

En el següent gràfic veiem reflexats els resultats de les diferents alternatives tenint només en compte el requeriment econòmic.



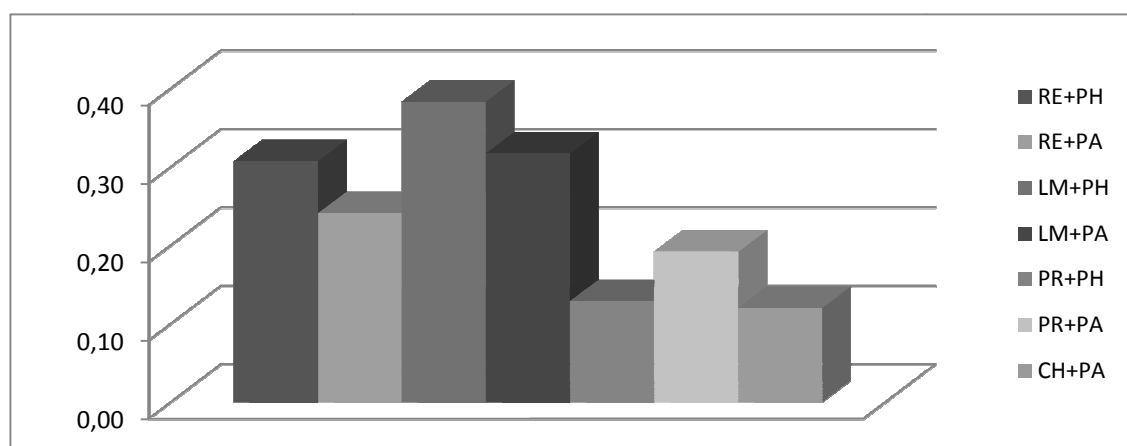
Gràfic 7.- Requeriment econòmic Cines París.

En el següent gràfic veiem reflexats els resultats de les diferents alternatives tenint només en compte el requeriment social.



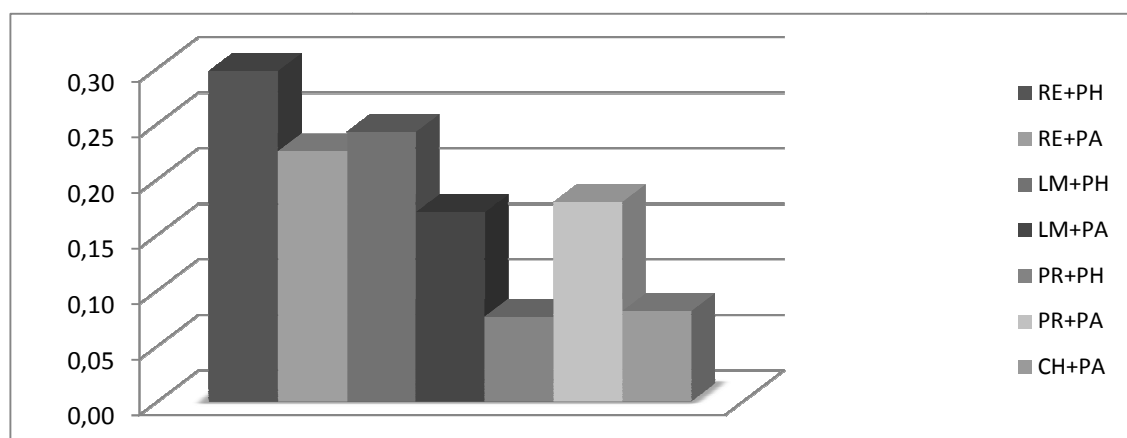
Gràfic 8.- Requeriment social Cines París.

En el següent gràfic veiem reflexats els resultats de les diferents alternatives tenint només en compte el requeriment ambiental.



Gràfic 9.- Requeriment ambiental Cines París.

En el següent gràfic veiem reflexats els resultats de les diferents alternatives de forma global, amb lo qual podem dir que són els resultats finals.



Gràfic 10.- Valoració global Cines París.

Observem que en l'aspecte econòmic, els forjats in situ surten més afavorits, sent la millor opció el reticular amb pilars de formigó. La llosa massissa estaria en la segona opció a escollir. Dins d'aquestes dues alternatives, les seves versions amb

pilars d'acer surten menys econòmiques. El menys recomanable és la prelosa amb pilars de formigó prefabricats, gairebé alhora amb la xapa col·laborant.

En l'aspecte social obtenen millors resultats els prefabricats i, dins dels in situ, sempre seran una opció més sostenible les que es combinen amb pilars d'acer.

Si ens centrem només en la part ambiental els forjats in situ tornen a ser favorables, amb un clar avantatge de la llosa massissa davant la resta. De nou surten més afavorides les opcions amb pilars de formigó in situ. I dins dels forjats prefabricats optarem preferentment per la prelosa amb pilars d'acer abans que formigó prefabricat. La xapa col·laborant de les que tenen pilars d'acer, és la que obté pitjor puntuació.

Si fem la valoració conjunta, la millor opció per a aquest tipus d'obra les característiques de la qual ja hem explicat, serà el forjat reticular in situ amb pilars de formigó. D'una manera més general, direm que seran millor opció les alternatives in situ davant les prefabricades. Per temes de cost i ambientals, serà preferible l'opció de pilars de formigó in situ abans que d'acer. Si hem d'elegir un prefabricat, serà més aconsellable la prelosa amb pilars d'acer, de nou per temes de cost i ambientals, abans que els pilars prefabricats o la xapa.

6.4. Resultats vivendes Gandía

A continuació presentem els resultats de les diferents tipologies per a l'edifici de vivendes de Gandia, de forma resumida. Cal dir que tenim valorat per a cadascuna de les tipologies tots els criteris que afecten a l'obra que estem estudiant, en aquest cas, a més podem dir que hi tenim uns valors que són únics en aquesta obra i d'altres que es repetiran en qualsevol obra que s'estudiï ja que depenen de la pròpia tipologia com són la seguretat, les molèsties als veïns, els consums energètics i els residus o bé com els residus que és un rati per m² i per tipus de forjat.

REQUERIM	ECONÒMIC	SOCIAL		AMBIENTAL (CONSUMS)					MULTICR.
CRITERI	COST TOTAL	SEGUR	MOLÈST	FORM	ACER	ENERG	AIGUA	RESIDUS	ISMA
INDICADOR	€/M2	Atributs	Atributs	Tn	Tn	Atributs	Atributs	m3/m2	Atributs
RE+PF	137,2	34	14	490	32	10	10	3,2	0,6
RE+PA	138,7	34	16	441	41	8	8	2	0,62
LM+PF	142	34	14	680	38	10	10	3,2	0,59
LM+PA	143,4	34	16	631	46	8	8	2	0,6
PR+PF	122,3	36	16	467	28	2	5	1,1	0,6
PR+PA	110,7	36	16	292	43	2	5	1,1	0,62
XA+PA	123	36	16	210	54	2	5	1,1	0,62

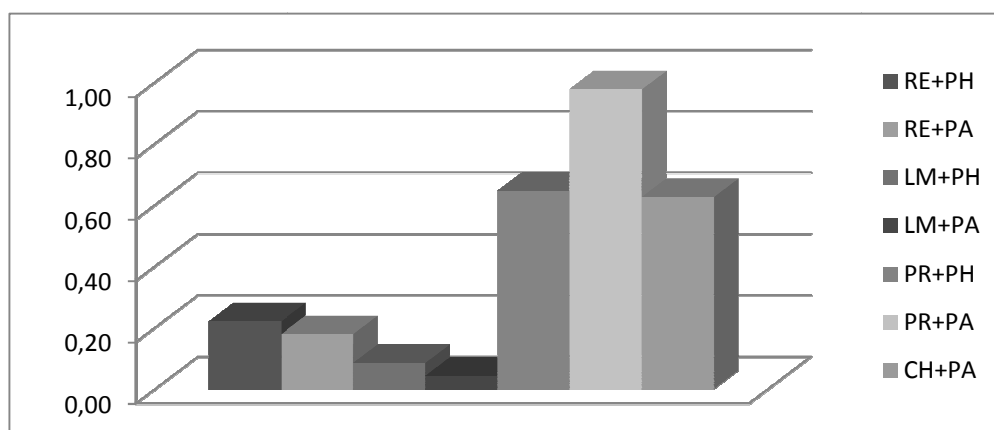
Taula 41.- Valors obtinguts en els indicadors per a cada alternativa de Gandia.

ECONÒMIC	0.22	0.18	0.09	0.04	0.65	0.98	0.63
SOCIAL	0.51	0.52	0.51	0.52	0.55	0.55	0.55
AMBIENTAL	0.33	0.27	0.41	0.34	0.16	0.19	0.11
	0.2	0.24	0.19	0.2	0.2	0.24	0.24

VALORACIÓ FINAL	0.26	0.22	0.17	0.13	0.56	0.82	0.54
-----------------	------	------	------	------	------	------	------

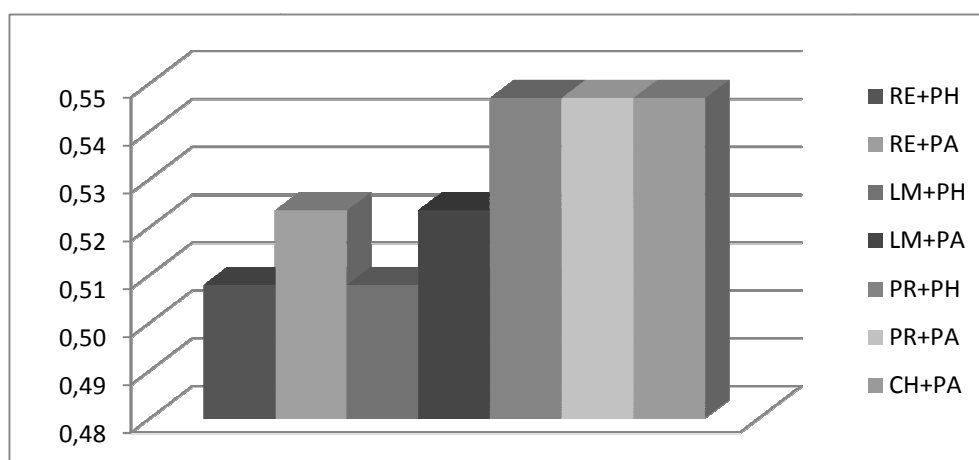
Taula 42.- Taula resultats comparativa.

En el següent gràfic veiem reflexats els resultats de les diferents alternatives tenint només en compte el requeriment econòmic.



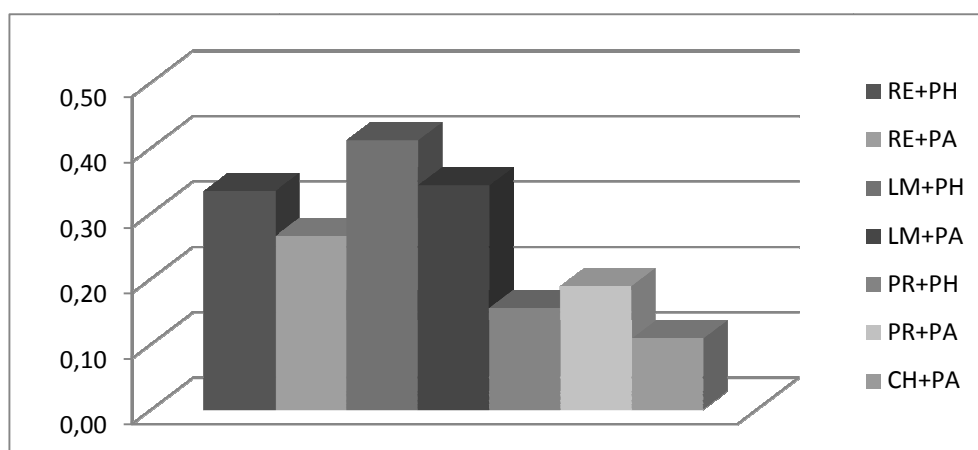
Gràfic 11.- Requeriment econòmic Gandía.

En el següent gràfic veiem reflexats els resultats de les diferents alternatives tenint només en compte el requeriment social.



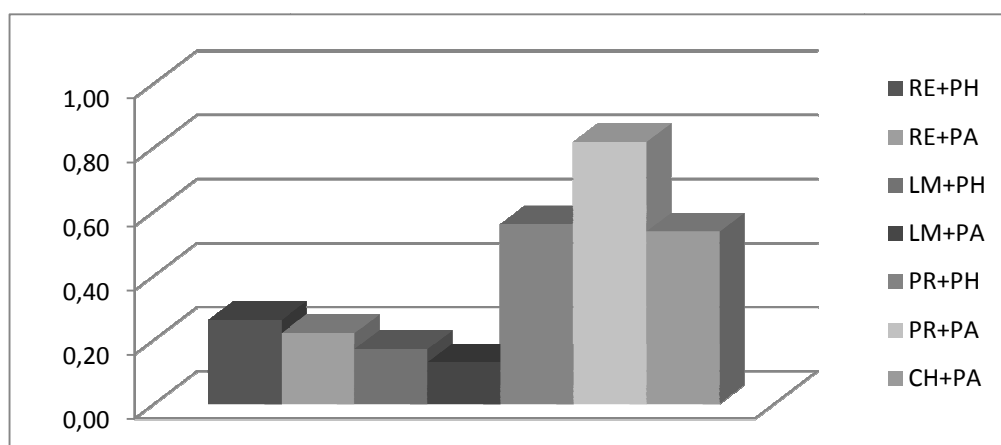
Gràfic 12.- Requeriment social Gandía.

En el següent gràfic veiem reflexats els resultats de les diferents alternatives tenint només en compte el requeriment ambiental.



Gràfic 13.- Requeriment ambiental Gandía.

En el següent gràfic veiem reflexats els resultats de les diferents alternatives de forma global, amb lo qual podem dir que són els resultats finals.



Gràfic 14.- Valoració global Gandía.

En el cas de Gandía, quan valorem aspectes econòmics, els forjats prefabricats són preferents, sent el que més la prelosa amb pilars d'acer. En canvi, la prelosa amb pilars de formigó prefabricat junt amb la xapa es mantenen per sota, constituint la segona opció. Els forjats in situ se situen molt per sota. De nou, com ja havia ocorregut amb els cinemes París, seran millor opció (més econòmiques) les alternatives combinades amb pilars de formigó in situ.

També per obtenir millors puntuacions en els aspectes socials són més favorables els prefabricats. Totes les alternatives prefabricades obtenen bones puntuacions per igual. Les alternatives in situ són menys recomanables si prevelem l'aspecte social i s'aprecia clarament que les opcions amb pilars d'acer causessin menor impacte social.

Si ens centrem en l'aspecte mediambiental, les diferències són menys acusades mostrant uns resultats millors els forjats in situ i sobre tot el reticular. La llosa massissa li segueix de prop sent millor l'opció amb pilars in situ de formigó. Els prefabricats surten més perjudicats, obtenint tots unes puntuacions similars.

Com a valoració global per a aquest tipus d'obra veiem que les opcions

prefabricades són les més recomanables, presentant-se òptima la prelosa amb pilars d'acer. La resta de prefabricats (prelosa amb pilars de formigó prefabricat i xapa col·laborant) es mantenen com a segona opció seguides de lluny per les opcions in situ.

6.5 Conclusions

6.5.1 Introducció

Arribats al final de tot el nostre procés d'anàlisi, procedirem a fer una valoració global dels resultats als quals podem arribar. No s'ha de perdre de vista l'objectiu pràctic de la tasca per servir d'orientació en el moment d'elegir i valorar una opció de forjat en relació amb una obra determinada.

Cal dir que aquests resultats són la conclusió d'uns casos d'estudi ben diferenciats, que ajuden a donar una idea de quin és el camí a seguir en l'elecció òptima d'una tipologia de forjat.

6.5.2 Anàlisi final

No sent possible per a un treball acadèmic d'aquest tipus l'anàlisi d'un gran nombre d'obres de diferents característiques, ens hem centrat en dues tipologies, comentades en el transcurs d'aquesta tesina. La intenció era buscar obres d'edificació de característiques oposades quant a geometria i entorn i semblant en quant a tipologia de forjat que s'hi pogués construir. Per veure així com afectaven aquests factors a l'elecció del tipus de forjat. El que hem obtingut amb el nostre estudi ens confirma les nostres previsions inicials sobre les diferents "necessitats" que implica cada obra en particular.

En el cas dels cinemes París, es tractava d'una obra peculiar. La seva geometria complexa i la seva difícil accessibilitat requerien un estudi previ del tipus de forjat adequat per aconseguir una màxima comoditat, sostenibilitat i estalvi en cost i temps. A més en aquest cas, l'elevat valor del sòl per estar situada l'obra en el centre de Barcelona magnifica el cost indirecte a causa de factors de temporals. A priori, aquesta sensació de treballar "a contrarellotge" ens porta a pensar que les opcions prefabricades seran les més indicades, per la seva major rapidesa d'aplicació en obra.

Tanmateix, l'anàlisi completa, valorant diferents aspectes, que hem dut a terme, mostra les opcions in situ com a més recomanables. Això es deu al fet de què els forjats in situ permeten una major flexibilitat en obra, podent adaptar-se a canvis d'última hora. L'execució in situ de la major part de l'estructura ens permetrà anar treballant més al dia, sense necessitar massa espais de provisió de material dels que no disposem, i podrem produir menys molèsties als veïns, que aquí seran un factor molt influent.

Si optem, pel forjat reticular, que és el que obté una puntuació millor, aconseguirem un estalvi de material respecte a la llosa massissa amb unes prestacions similars. Els pilars d'acer ofereixen major rapidesa de col·locació que si realitzem pilars in situ, però el seu major cost i el seu major impacte ambiental, poden ser raons prou importants com per escollir els segons encara que augmentem una mica el termini.

Si, de tota manera, decidim escollir un prefabricat, l'opció més sostenible que trobem és la prelosa amb pilars d'acer, davant la prelosa amb pilars de formigó prefabricats o la xapa col·laborant. Aquests dos últims està ben valorats quan es tracta de molèsties a usuaris i seguretat però perden puntuació quan valorem el cost o l'impacte ambiental.

El cas de Gandía és oposat al que acabem de dir. Aquí ens trobem, com ja hem dit anteriorment, amb una obra de geometria rectangular. Es tracta d'un edifici de diverses plantes, totes pràcticament iguals entre elles. A més està ubicat a la perifèria del municipi per la qual cosa l'entorn no serà un factor tan delicat com en el cas anterior.

En temes de cost econòmic ja s'observa una gran diferència d'estalvi si escollim prefabricats. La simplicitat de l'obra permet programar amb antelació amb major seguretat d'haver de fer després poc canvis en obra; així es pot encarregar prèviament els prefabricats i acopiar-los en obra fins al moment de la seva col·locació.

Com ja ocorria en el cas anterior, en temes de molèsties a usuaris i seguretat també surten afavorits. Només perden punts quan es tracta de temes ambientals. No obstant això, la valoració global ens recomana el seu ús. De nou, per motius econòmics, la xapa col·laborant surt perjudicada davant la prelosa.

En cap dels dos casos anteriors, no hi ha una solució única. Podem trobar diferents solucions vàlides en funció de quines siguin les nostres prioritats. Fins fa poc, es pecava en excés de prevaler l'aspecte econòmic per sobre de la resta, però queda demostrat que és una valoració incompleta i que si només fem cas d'això podem guiar-nos fins a la solució equivocada.

A partir d'aquí, volem recomanar una sèrie de propostes d'actuació de cara al futur. Encara que no deixen de ser proposades lògiques i coherents, més que innovadores, hem cregut necessari posar èmfasi en elles, ja que moltes vegades, es supediten a qüestions econòmiques i de termini, quan en realitat, no seguint-les és quan realment perdem temps i diners.

- Intervenir en la fase de disseny dels edificis de manera que comporti un avantatge a l'hora de realitzar canvis o proposar alternatives. No ens hem de guiar només per les tendències actuals del mercat o pel més econòmic. Basant-se en el coneixement i l'experiència, és essencial una anàlisi prèvia com el que acabem de realitzar, per a cada obra en concret. Això evitarà optar per solucions equivocades que després poden repercutir molt negativament en costos i termini.
- S'ha de desenvolupar un mètode constructiu basat en l'estudi separatament de tots els elements de l'estructura: forjats, pilars, bigues, detalls d'unions i posteriorment desenvolupar una visió general del conjunt aconseguint equilibri i sostenibilitat.
- A més de l'estructura, investigar sobre la totalitat de l'edifici, començant pels diferents tipus de tancaments, instal·lacions i divisions internes.
- Coordinar un projecte on intervinguin la totalitat dels industrials, aportant cada un d'ells la seva part d'enginyeria; en definitiva, treballar conjuntament per fer un projecte global.

- Veient el mercat actual i les seves tendències, apostar per noves línies d'investigació per buscar noves solucions que s'adaptin cada vegada més a les necessitats particulars de cada cas. Això suposa l'usar materials cada vegada menys agressius amb l'entorn, intentant minimitzar al màxim el seu volum i intentar reutilitzar-los sempre que es pugui i també optar per sistemes constructius poc agressius amb l'entorn.

S'ha de fer èmfasi en les millores i les mancances que té el programa MIVES qu hem estudiat i que hem parlat en l'apartat 4 d'aquest document, i que s'espera que en un futur esdevinguin una realitat de càlcul per a l'ISMA.

Finalment cal dir que tots aquests resultats poden tenir certes variacions segons sigui el punt de vista de l'analista, a l'hora de fer les ponderacions, es poden escollir diferents puntuacions en funció de quina és a criteri personal el paràmetre que més s'influeix, en aquest cas la meitat de la puntuació s'ha cregut convenient donar-li al requeriment econòmic.

Aquest context bé influenciat per l'entorn, és un fet que donar quasi un 20 % del pes a temes ambientals o socials fa 20 anys enrere no ens l'estàriem plantejant però aquesta possible tendència capitalista es podria invertir en un futur no gaire llunyà.

7. Bibliografia

- [1] **Josa, A. Alavedra, P.** Noviembre 2006 "La medida de la sostenibilidad en la edificación industrial"
- [2] **Comisión permanente del hormigón**, 2008 Índice de sensibilidad Medio ambiental aplicado a los proyectos de estructuras de hormigón.
- [3] Instrucción de Hormigón Estructural., 2008
- [4] **Alarcón B., Aguado A. y Josa A.**, "Aplicación de la metodología de valor MIVES al edificio industrial sostenible". X Congreso Internacional de Ingeniería de proyectos. Valencia 2006
- [5] **Alarcón B.**, marzo 2006. Tesis doctoral "Modelo Integrado de valor para estructuras sostenibles".
- [6] **Pacios A., Martos G.**, Abril 2008 "Estimación del Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad en ejemplos de edificación". Cemento Hormigón Nº 913.
- [7] **Regalado, F.**, 2003, "Los forjados reticulares: diseño, análisis, construcción y patología"
- [8] **Aguado. A, Ormazabal G.**, 2002, "Aspectos conceptuales del proyecto MIVES. Ed Autores .Noviembre 2006. Modelo Integrado de Valor de Edificios Sostenibles.
- [9] **Torroja, I.E.**, 1991, "Recomendaciones para la ejecución de forjados unidireccionales" .
- [10] **Villegas, L.**, 1998, "Forjados de edificación".
- [11] assig-camins.upc.es/op/edificació
- [12] www.tecnaria.com
- [13] www.condesa.com
- [14] www.extremadura2000.com
- [15] www.pretenar.com
- [16] www.aenor.es